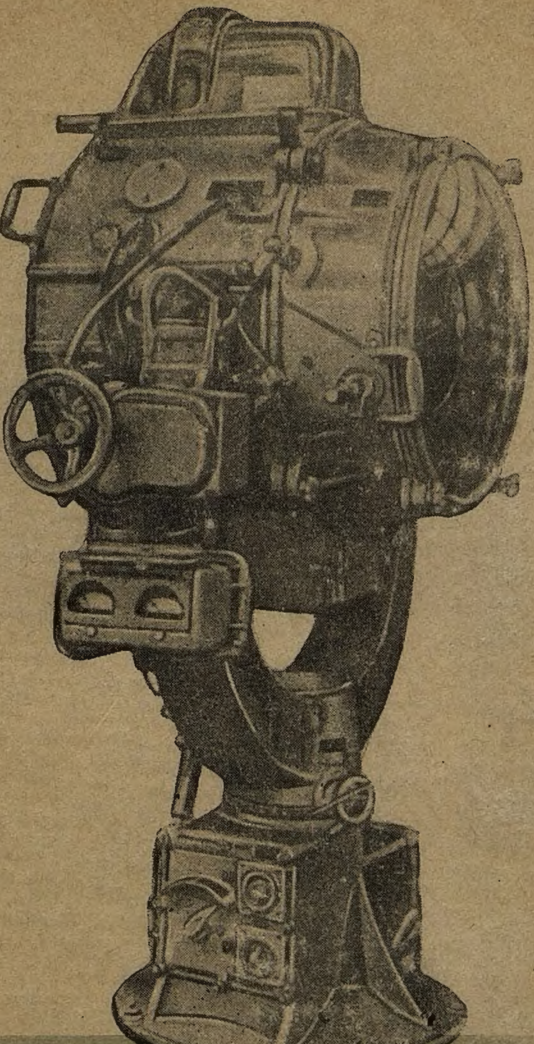


АРТАМОНОВ И. Д.

КОРАБЕЛЬНЫЕ ПРОЖЕКТОРНЫЕ УСТАНОВКИ

УПРАВЛЕНИЕ ВОЕННО-МОРСКИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

АРТАМОНОВ И. Д.
ДОЦЕНТ, КАНДИДАТ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

КОРАБЕЛЬНЫЕ ПРОЖЕКТОРНЫЕ УСТАНОВКИ

(ТЕОРИЯ, МАТЕРИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ, ЭКСПЛОАТАЦИЯ)

ВОЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МИНИСТЕРСТВА ВООРУЖЁННЫХ СИЛ СОЮЗА ССР
Москва—1947

И. Д. Артамонов. **Корабельные прожекторные установки**

В руководствах по корабельной электротехнике и в технической литературе по вопросам электрооборудования кораблей о прожекторных установках, как правило, даются лишь самые элементарные и весьма неполные сведения.

Книга И. Д. Артамонова „Корабельные прожекторные установки", восполняя этот пробел, излагает основы теории прожекторов и прожекторных источников света. Кроме того, в книге описаны: электрооборудование корабельных прожекторных установок, прожекторные преобразователи и материальная часть корабельных осветительных и сигнальных прожекторов различных типов, а также изложены правила эксплоатации и ухода за прожекторными установками.

ВВЕДЕНИЕ

Прожекторные установки входят в общую сложную систему электрооборудования современных кораблей всех типов и классов. На кораблях Военно-Морского Флота Советского Союза применяются как малые, лёгкие и простые, сигнальные и навигационные прожекторы с лампами накаливания, так и мощные тяжёлые дуговые прожекторные установки, снабжённые сложными приборами управления.

Эти мощные прожекторы предназначаются для боевого освещения, т. е. освещения объектов и целей для разведки и поражения их огнём корабельной артиллерии, для целеуказания, для ослепления и морального воздействия на противника. Мощные прожекторы применяются также и для сигнализации.

Для изучения устройства корабельных прожекторов и для приобретения навыков в эксплоатации прожекторных установок необходимы дополнительные сведения по электротехнике, оптике, светотехнике и электроавтоматике, которые не включаются в общие курсы по электро- и светотехнике.

Прожектор — это световой прибор дальнего действия, в котором световой поток источника света перераспределяется оптической системой в узкий конический пучок лучей с угловым раствором конуса в 1,5—2,5°.

Конический луч прожектора наводится в том или ином направлении чаще всего путём перемещения его в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Поэтому все современные корабельные прожекторные установки состоят из следующих основных элементов: источника света, оптической системы, системы управления лучом прожектора и источника электрической энергии для питания всей установки.

В качестве источников света в прожекторах применяются специальные лампы накаливания и электрическая дуга между угольными электродами; эти лампы обладают специфическими электротехническими и светотехническими свойствами и не изучаются в курсе светотехники.

Оптические системы прожекторов существенно отличаются от оптических систем приборов наблюдения и действуют по законам, которым уделяется мало внимания в оптотехнике.

Приборы управления лучами корабельных прожекторов могут состоять из электромеханизмов, электродвигателей, элементов автоматической аппаратуры, оптических приборов наблюдения и других устройств.

Электрические прожекторы впервые были применены именно в военно-морском деле, сначала в виде морских маяков с линзовой оптикой Френеля и с первыми дуговыми лампами Фуко, затем в качестве корабельных установок с металлическими отражателями и с дуговыми лампами, которые вначале питались от громадных гальванических батарей, а затем от магнитоэлектрических машин.

На первых этапах развития, когда электрооборудование корабля состояло главным образом из осветительных и электросигнальных устройств, все вопросы конструкции и эксплоатации корабельных прожекторов излагались в руководствах по электротехнике. Позднее специальные сведения по устройству и применению прожекторов стали сообщаться в курсах электрического освещения [1]. В настоящее время целесообразно все специфические вопросы теории, описания материальной части и правила эксплоатации корабельных прожекторов излагать в отдельном руководстве.

---

[1] Е. Тверитинов, Электрическое освещение. Курс минного офицерского класса. СПБ, 1883 г.

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

ОСНОВЫ ТЕОРИИ ПРОЖЕКТОРОВ

Глава I

ИСТОЧНИКИ СВЕТА ДЛЯ КОРАБЕЛЬНЫХ ПРОЖЕКТОРОВ

1. Специальные лампы накаливания

Устройство ламп накаливания. В сигнальных корабельных прожекторах, рассчитанных на передачу сигналов на сравнительно малые расстояния, в качестве источника света применяются специальные лампы накаливания.

Все специальные прожекторные лампы накаливания имеют вольфрамовую нить, свёрнутую в спираль, расположенную концентрированно с целью получения наибольшей яркости источника. Для получения наибольшей яркости тела накала, заполняющего излучающий объём, вольфрамовая нить прожекторных ламп накаляется до более высокой температуры, чем в обычных лампах накаливания (3350—3450° К, т. е. на 200—300° К ниже температуры плавления вольфрама). Эти лампы по сравнению с обычными лампами накаливания обладают большей световой отдачей и имеют пониженный срок службы (100 часов и менее).

Прожекторные лампы накаливания часто имеют колбы специальной конструкции, причём температура колбы при горении лампы достигает 500° С и всегда выше, чем температура колб обычных ламп.

Прожекторные лампы накаливания являются лампами газополными; они различаются по конструктивному выполнению тела накала, конструкции колбы и по типу цоколя.

Лампы низкого напряжения — 6—12 и 23 *в* — обычно имеют тело накала в виде одной или двух спиралей, расположенных параллельно; эти лампы имеют шаровые или каплеобразные колбы.

Лампы накаливания нормального напряжения — 110—220 *в* — имеют чаще всего тело накала в виде серии спиралей, расположенных в одной плоскости или по цилиндрической поверхности.

Лампы накаливания мощностью от 300 до 10 000 *вт* имеют тело накала в виде серии спиралей, расположенных в одной плоскости. По цилиндрической поверхности спирали располагаются у ламп накаливания средней и, чаще всего, большой мощности, т. е. от 10 000 до 50 000 *вт*.

Колбы этих ламп должны отвечать условиям наилучшего отбора тепла, но, вместе с тем, поскольку лампа применяется сов-

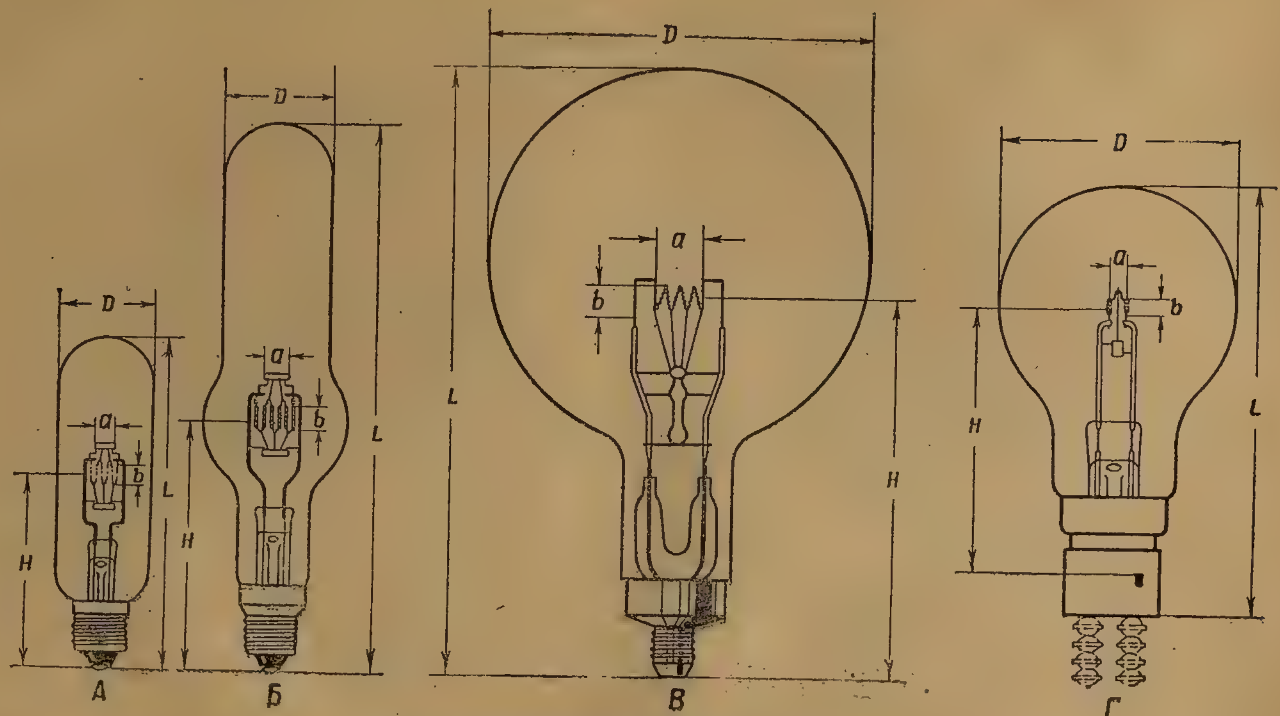


Рис. 1. Прожекторные лампы накаливания:
А—1 000 *вт*, 110 *в*; *Б*—2 500 *вт*, 110 *в*; *В*—5 000 *вт*, 110 *в*; *Г*—100 *вт*, 12 *в* (габаритные размеры см. приложение 1)

местно с оптической системой, нежелательно, чтобы колба сильно рассеивала световой поток. Поэтому лампы нормального напряжения часто имеют пальцеобразные колбы, но могут иметь и шаровые колбы.

На рис. 1 представлены прожекторные лампы накаливания на 1 000, 2 500 и 5 000 *вт*, 110 *в* и на 100 *вт*, 12 *в*. В приложении 1 приводятся основные данные прожекторных ламп накаливания по ОСТ.

Величина габаритной яркости. Важнейшей светотехнической характеристикой прожекторной лампы накаливания является величина габаритной яркости тела накала. Эту величину измеряют, чтобы определить качество лампы и чтобы рассчитать прожектор с данной лампой. Если известна сила света по направлению нормали к плоскости спиралей I_0, то для вычисления габаритной яркости $B_г$, яркости спирали $B_с$ и яркости накаливаемой нити $B_н$ можно воспользоваться выражением

$$I_0 = B_г S_г = B_с S_с = B_н S_н \quad \textit{м. св.}, \tag{1}$$

где $S_г$, $S_с$ и $S_н$ — площадь проекции в $см^2$ соответственно габарита, спирали и нити на плоскость, по нормали к которой измерена сила света.

Решая уравнение (1) относительно габаритной яркости $B_г$, имеем

$$B_г = \frac{I_0}{S_г} = B_с \frac{S_с}{S_г} = B_н \frac{S_н}{S_с} \quad \textit{сб.} \tag{2}$$

Отношения $\frac{S_с}{S_г} = \Theta_1$ и $\frac{S_н}{S_с} = \Theta_2$ принято называть коэфициентами заполнения, причем:

— Θ_1 — коэфициент заполнения габарита спиралями — изменяется в пределах от 0,40 до 0,60;

— Θ_2 — коэфициент заполнения спирали нитью — изменяется в пределах от 0,60 до 0,80.

Из уравнения (2) следует, что

$$B_г < B_с < B_н, \tag{3}$$

т. е. яркость габарита меньше яркости спиралей, а яркость спиралей меньше яркости самой нити. Так, яркость вольфрамовой нити, накалённой до температуры 3350° К, достигает 2 900 *сб*, яркость спирали при этих условиях 1 740—2 320 *сб*, а яркость габарита, заполненного спиралями, 690—1 380 *сб*.

Чтобы измерить габаритную яркость тела накала прожекторной лампы накаливания, необходимо измерить силу света I_0 и габарит $S_г$ светящегося тела.

Для измерения $S_г$ следует спроектировать увеличенное изображение спиралей на экран или фотобумагу и получить отпечаток, подобный представленному на рис. 2, затем измерить

величины A и B и, зная линейное увеличение, перейти к действительным размерам габарита тела накала a и b.

Площадь габарита найдём как $S_г = ab$ $см^2$.

На отпечатке спиралей (см. рис. 2) можно также измерить отдельно площадь, заполненную спиралями $S_с$, и таким образом для данной лампы определить Θ_1 и вычислить яркость спиралей $B_с$.

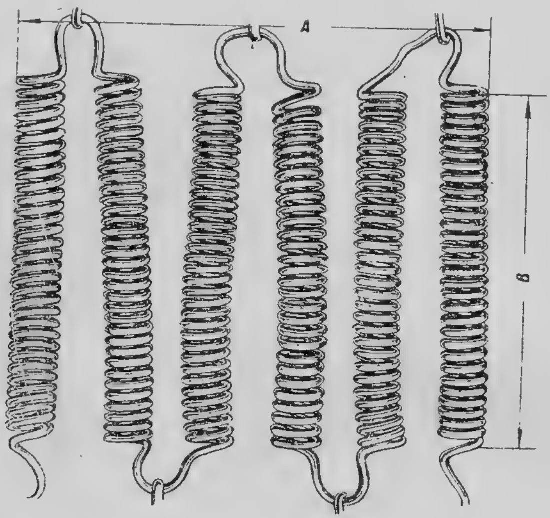


Рис. 2. Изображение спиралей лампы для измерения габаритной яркости

Световая отдача прожекторных ламп накаливания возрастает при увеличении мощности ламп и составляет для лампы в 100 *вт* примерно 16 *лм/вт*, а для лампы в 5000 *вт* до 28 *лм/вт*. Горизонтальная сила света I_0 этих ламп примерно на 20% больше их среднесферической силы света.

В настоящее время ведутся исследования возможности повышения габаритной яркости прожекторных ламп накаливания как за счёт увеличения плотности заполнения габарита спиралями, так и за счёт специальной обработки нити для достижения более сильного перекала. Однако перекал нити ведёт к снижению срока службы лампы до 10 часов и менее, а это обстоятельство усложняет эксплоатацию.

Ток включения. У прожекторных ламп накаливания большой мощности особенно велик ток включения. Сопротивление вольфрама в холодном состоянии меньше его сопротивления при температуре нормального накала во время горения лампы. Например, у 5000-*в* лампы сопротивление холодной нити равно 0,24 *ом*, а раскалённой 3,16 *ом*, т. е. больше примерно в 13 раз. В силу этого ток включения этой лампы при питании её от тока

с напряжением в 110 *в* примерно в 7—8 раз больше нормального тока при установившемся тепловом состоянии лампы. Поэтому иногда нить лампы накаливания большой мощности включают в сеть в два приёма или же используют при включении некоторое пусковое сопротивление.

Цоколи и колбы ламп накаливания. Прожекторные лампы накаливания могут иметь цоколь любого существующего типа („Эдиссон“ нормальный, „Голиаф“, „Сван“ нормальный и светофорный) в зависимости от условий эксплоатации.

В настоящее время часто отдают предпочтение прожекторным лампам накаливания с цоколем типа „Бипост“, который имеет форму цилиндра с двумя штепсельными ножками. Такие лампы более точно фиксируются в патроне, и последний нет необходимости делать подвижным для достижения точной установки тела накала в фокусе оптической системы прожектора.

Лампы накаливания большой мощности (от 3 000 *вт* и выше), которые находят себе более широкое применение в маячных установках, имеют цоколь специальной конструкции с двумя обособленными штепсельными ножками (см. рис. 1, Г).

Некоторая часть шарообразной колбы прожекторной лампы накаливания иногда покрывается отражающим слоем и действует как контротражатель.

Все прожекторные лампы накаливания нормального напряжения устанавливаются вертикально цоколем вниз, или с наклоном в 15°, так как при установке ламп в другом положении вследствие большого количества тепла, излучаемого нитью, может наступить размягчение и расплавление колбы или же расплавление смеси, связывающей колбу с цоколем лампы.

Ртутные лампы высокого давления. За последнее время в некоторых прожекторных устройствах в качестве источника света начали применять ртутные лампы высокого и сверхвысокого давления. Известно, что при увеличении силы тока, пропускаемого через трубки с ртутными парами, повышается давление этих паров, начинается отшнуровывание разряда и значительно повышается яркость.

Существует несколько конструкций ртутных ламп высокого и сверхвысокого давления с воздушным и водяным охлаждением. Наиболее широко применяются трубчатые капиллярные лампы, но в некоторых прожекторах устанавливаются ртутные лампы с шаровыми колбами, которые имеют больший излучающий объём высокой яркости.

В настоящее время изготовляются капиллярные ртутные лампы, действующие при внутреннем давлении ртутных паров до 200 *ат* и выше при внутренней температуре выше 900° С. Эти лампы имеют небольшие размеры. Так, например, лампа сверхвысокого давления с водяным охлаждением мощностью 700 *вт* на напряжение 730 *в* имеет длину дуги только 10 *мм*, а ширину шнура в центре трубки 2 *мм*, причём максимальная яркость его 30 000 *сб*. Подобные лампы устанавливаются в про-

жекторах по три или четыре в ряд в одной плоскости, образуя таким образом некоторый светящийся габарит, с определённым коэфициентом заполнения (рис. 3). Срок службы таких ламп колеблется от 50 до 100 часов.



Рис. 3. Блок из трёх ртутных ламп сверхвысокого давления

По литературным данным, в настоящее время имеются шарообразные ртутные дуговые лампы сверхвысокого давления с водяным охлаждением, у которых максимальная яркость дуги достигает 180 000 *сб*. Однако эти лампы не получили ещё широкого распространения вследствие того, что производство их сложно, а в эксплоатации они мало удобны. Они требуют специальных приспособлений для зажигания, причём свечение лампы на полную яркость начинается по истечении нескольких (5—8) секунд с момента включения. Малая ширина яркого шнура (особенно у капиллярных ламп), необходимость водяного охлаждения и специальных приспособлений для зажигания, а также короткий срок службы ограничивают пока широкое применение этого источника света в прожекторной технике.

Специальные лампы накаливания являются самым удобным источником света в том смысле, что они просты по устройству, всегда готовы к действию, не требуют постоянного наблюдения во время эксплоатации и в пределах своего срока службы действуют весьма надёжно. Но для прожекторов дальнего боевого освещения этот источник света непригоден вследствие малой яркости вольфрамовой нити, и для них используют электрические дуговые лампы с дугой между угольными электродами.

2. Физические явления при образовании и горении электрической дуги между угольными электродами в воздухе

Разновидность дуги между угольными электродами. В прожекторах большой световой мощности в качестве источника света используется электрическая дуга постоянного тока, открыто горящая между угольными электродами в воздухе.

Этот источник света имеет две основные модификации в зависимости от состава угольных электродов, между которыми происходит разряд. Каждая модификация дуги обладает своими характерными электротехническими и светотехническими свойствами.

Первая модификация — так называемая **обычная** или **простая дуга** между чистыми угольными электродами, которая издавна известна, так как исторически она оказалась первым электрическим источником света.

Характерными особенностями этой дуги в электротехническом отношении являются: высокое анодное падение напряжения, мало зависящее от силы тока, низкое катодное падение напряжения, падающая вольтамперная характеристика и наличие предельной плотности тока на электродах, после увеличения которой дуга горит неспокойно — переходит в шипящую.

В отношении световых явлений характерными являются наличие анодного кратера с постоянной яркостью, не зависящей от силы тока, и слоистая структура дугового пламени, которое состоит из разноцветных оболочек и яркого, с фиолетовым оттенком, „ядра", более узкого у катода. В некоторых случаях чистые угольные электроды снабжаются нейтральными фитилями, имеющими назначение центрировать дугу по оси сгорающих электродов; характер световых и электрических явлений при этом не меняется.

Второй модификацией электрической дуги как источника света является так называемая **пламенная**, или **эффектная**, дуга, горящая между пламяподдерживающими электродами, которые могут быть или фитильными, или же пропитанными минеральными смесями. Чаще всего в состав фитилей этих электродов входят те или иные примеси, которые придают пламени соответствующую окраску.

Характерными особенностями пламенной дуги в электротехническом отношении являются: более низкая, чем у простой дуги, разность потенциалов между электродами при той же силе тока, анодное падение напряжения зависит от силы тока, вольтамперная характеристика имеет ниспадающую часть и слабо выраженную восходящую часть, наличие предельной плотности тока на электродах, после увеличения которой дуга горит неспокойно.

В отношении световых явлений наблюдается следующее: междуэлектродное пространство заполнено двумя как бы сливающимися пламенными потоками, исходящими из электродов; потоки возвышаются над дугой и образуют подвижное и яркое пламя. Яркость всех частей дуги примерно одинакова и всегда ниже яркости анодного кратера дуги между чистыми угольными электродами.

Характерной разновидностью пламенной дуги является широко распространённая в современной прожекторной технике **дуга повышенной яркости**, или **дуга высокой интенсивности**.

Дуга повышенной яркости образуется между чисто угольным катодом и анодом, имеющим фитиль, в состав которого введено не менее 50% редкоземельных элементов группы церия (фтористый церий). Особенности этой разновидности пламенной дуги будут более подробно изложены ниже (см. стр. 15).

Образование дуги. В прожекторных установках дуга образуется путём сведения и последующего разведения электродов, к которым приложено нормальное, достаточное для питания дугового разряда напряжение. Когда электроды сведены до соприкосновения, падение напряжения на междуэлектродном промежутке уменьшается до предела, а сила тока, проходящего по электродам, достигает своего максимального значения, так как основной потребитель энергии оказывается замкнут накоротко. Сближенные концы электродов не имеют пришлифованных поверхностей, соприкасаются неплотно, и поэтому место их соприкосновения представляет собой значительное контактное сопротивление. В результате этого концы электродов в месте соприкосновения сильно нагреваются. Особо важен нагрев отрицательного электрода — катода, так как дуга может возникнуть только при нагретом катоде и холодном аноде, но не наоборот.

Когда катод нагрет и будет удаляться от положительного электрода — анода, между мало раздвинутыми электродами, вследствие наличия эмиссии электронов с катода, начинается непрерывное прохождение тока, и возникает дуга. При этом по мере увеличения длины междуэлектродного промежутка падение напряжения на нём будет всё время увеличиваться, а сила тока, проходящего через него, будет уменьшаться. Явление дугового разряда начинается с того, что между электродами устанавливается постоянное прохождение тока, концы обоих электродов раскаляются и всё междуэлектродное пространство заполняется пламенными потоками, природа и поведение которых будут различны при различных электродах.

Механизм разряда. При горении дуги между чистыми угольными электродами, при плотности тока на электродах не свыше 30 $а/см^2$, вблизи катода имеют место следующие явления. Катодное падение потенциала обусловлено возникновением скачка потенциала при переходе носителей электричества из твёрдого тела в ионизированный газ и возникновением объёмного заряда положительных ионов перед катодом. Получившие разгон на участке катодного падения потенциала положительные ионы срывают с катода некоторое количество электронов, обеспечивающих дальнейший ход процесса ионизации. Величина катодного падения не зависит от силы тока до тех пор, пока вся поверхность катода не покрыта свечением; катодное падение не зависит от расстояния между электродами. В области, близкой к аноду, образуется пространственный заряд отрицательных ионов, который всё время нейтрализуется положительными ионами, движущимися от анода к катоду. Образование и движение положительных ионов в анодном пламени объясняются усиленной бомбардировкой анода электронами катодного пучка, а также высокой температурой дуги и наличием электрического поля.

Потеря скорости отрицательных ионов и электронов в анодном пламени и явления рекомбинации ионов на этом участке

объясняют наличие анодного падения потенциала. Чем больше сила тока, тем выше степень испарения анодного материала, тем больше плотность паров и выше их проводимость. Чем выше ток и интенсивнее эмиссия электронов с катода, тем меньший путь проходят положительные ионы от анода до рекомбинации. Эти явления, а также увеличение дугового столба доказывают, что падение потенциала на участке слияния анодного и катодного пламени обратно пропорционально силе тока. При увеличении длины дуги падение потенциала в дуговом столбе должно возрасти, потому что возрастёт потеря кинетической энергии электронами, а положительные ионы будут совершать больший путь в направлении к катоду.

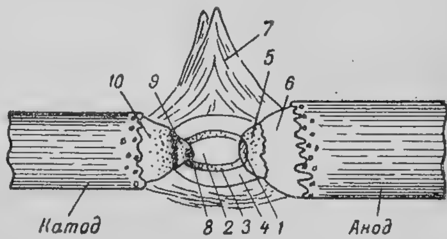


Рис. 4. Внешний вид дуги между чистыми угольными электродами:
1—кратер анода; *2*—внутреннее фиолетовое пламя; *3*—тёмножёлтое пламя; *4*—зеленоватый ореол; *5* и *9*—полоса угля жёлтого цвета; *6* и *10* - красное каление; *7*—пламя над дугой; *8*—катодное светлое пятно

Наблюдая горение дуги между чистыми угольными электродами (рис. 4), можно заметить, что внутреннее фиолетовое пламя *2* окружено тёмножёлтым пламенем *3* и затем зеленоватым ореолом *4*. Концы обоих электродов раскалены на некоторых участках добела; на этих участках и отмечают анодный кратер *1* и катодное светлое пятно *8*. Наиболее яркой частью этой дуги является анодный кратер, излучающий до 85% всего светового потока, излучаемого дугой.

У дуги повышенной яркости механизм разряда представляется более сложным, и он менее изучен.

Раскалённый катод дуги повышенной яркости (рис. 5) эмиссирует электроны, чему способствуют электрическое поле и ультрафиолетовая радиация дуги. Нагрев катода различен на различных участках, и это нетрудно видеть при горении дуги. Острие катода раскалено более сильно, и здесь можно заметить наиболее яркий катодный кратер или катодное светлое пятно, которое увеличивается с увеличением силы тока дуги. К пятну примыкает центральная наиболее яркая часть катодного пламени, так что некоторый участок катодного пучка перпендикулярен к плоскости кратера. Очевидно, катодный кратер имеет температуру возгонки или плавления угля, так как иначе он не становился бы более ярким, чем другие части. Центральная часть катодного пламени является электронным пучком. Вследствие высокой температуры число молекул здесь меньше, чем на периферии, и, стало быть, остаётся минимальное количество нейтральных частиц. Электроны испытывают здесь при движении меньшее число столкновений, следовательно, средняя скорость их достаточно велика. Катод-

ное пламя занимает примерно $^2/_3$ всего междуэлектродного промежутка. Стабильное существование электронного пучка можно объяснить на основании следующих положений.

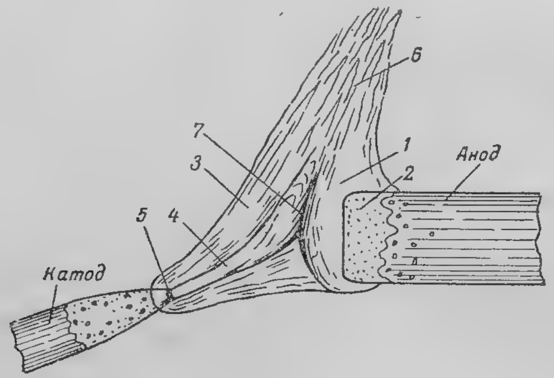


Рис. 5. Внешний вид дуги повышенной яркости:

1—анодное пламя; 2—белое каление; 3—катодное пламя; 4—катодный пучок; 5—катодное светлое пятно; 6—пламя над дугой; 7—отрицательно заряжённый слой

Во внешней части катодного пламени (см. рис. 5) движутся отрицательные ионы, обладающие меньшей скоростью. Механизм образования этих ионов следующий. Покинувшие катод электроны под влиянием электрического поля устремляются к аноду и на своём пути встречают молекулы воздуха, среди которых одинакова вероятность наличия как невозбуждённых, так и возбуждённых молекул. Электроны, обладающие небольшими скоростями, легко присоединяются к нейтральным молекулам электроотрицательных газов. К числу таких газов в данном случае могут быть отнесены элементарный кислород, азот и атомный углерод. Образованные в процессе ионизации положительные ионы мгновенно нейтрализуются. Этому способствуют задерживающее действие поля и преобладание в пламени возбуждённых молекул. Таким образом, внешняя часть катодного пламени является областью интенсивной ионизации и служит как бы оболочкой для центрального электронного пучка, прикрывающей его от притока нейтральных частиц.

Образованные во внешней части отрицательные ионы, устремляясь к аноду, увлекают за собой некоторую часть окружающего воздуха, и поэтому приходит в движение некоторая масса газа. Благодаря этому создаются как бы дутье стремительного пламенного потока от катода к аноду и механическое воздействие на анодное пламя дуги.

Поскольку в обеих частях катодного пламени присутствуют отрицательные ионы, то между ними возникают силы отталки-

вания, под действием которых центральная часть сжимается, а внешняя стремится расшириться. Сжимающее действие увеличивает концентрацию электронов в центральной части катодного пламени.

Катодное падение напряжения для дуги повышенной яркости вызывается только падением потенциала на выходе электронов из электрода в газ, так как объёмного заряда положительных ионов перед катодом не имеется. Из-за увеличения площади катодного кратера с увеличением силы тока можно, по примеру общей теории разряда в газах, утверждать, что здесь катодное падение напряжения зависит от силы тока. Катодное пламя достаточно велико по длине, и, очевидно, при увеличении длины дуги увеличивается энергия, расходуемая на ионизацию, и падение напряжения в катодной части пламени также будет возрастать.

Под действием бомбардировки электронами и отрицательными ионами анод накаляется до температуры испарения, при этом материал фитиля начинает испаряться раньше и испаряется быстрее оболочки. Перед анодом образуется стационарная, постоянно обновляемая масса пара. Этот паровой клубок не остаётся нейтральным в ионном процессе и оказывает существенное влияние на все свойства дуги. Катодный пламенный поток встречает на своём пути к аноду этот слой паров, состоящий из частиц, обладающих другими свойствами. Неизбежно частицы катодного пучка принуждены изменить направление своего движения, и они подвергаются рассеянию. В частности, электроны центрального пучка теряют своё превосходство в скорости, и потому пучок разряжается и исчезает. В анодном пламени происходит непрерывное образование ионов обоих знаков. Образовавшиеся положительные ионы ускоряются полем в направлении катода; этому способствуют и силы, возникающие вследствие испарения и выталкивания паров из кратера. Однако наибольшая часть этих ионов не достигает катода, а нейтрализуется в анодном пламени и на выходах из него в направлении катодного потока и пламени над дугой.

В процессе рекомбинации электронов с положительными ионами в анодном пламени освобождаемая энергия проявляется в виде излучения.

Отрицательные ионы, образовавшиеся в анодном пламени в процессе испарения, отталкиваются вместе с парами от анода, несмотря на удерживающее действие электрического поля. В некотором расстоянии от анода сила притяжения электрического поля для этих ионов уравновешивается силой отталкивания их от анода под влиянием испарения, и здесь образуется отрицательно заряжённый слой.

Рассеяние катодного пучка при слиянии с анодным пламенем можно частично объяснить наличием отрицательно заряжённого слоя. Заряд этого слоя тем больше, чем больше отрицательных частиц будет подведено к нему в единицу времени, т. е. чем сильнее будет испарение анода. Вследствие непрерывного сте-

кания паров из анодного пламени в пламя над дугой и вследствие непрерывного испарения анода к слою прибывают всё новые и новые отрицательные ионы, так что заряд слоя при определённой скорости испарения остаётся постоянным.

Отрицательные ионы катодного пучка частью отражаются от слоя, частью пробивают его и отдают свою кинетическую энергию аноду. Через этот слой легче проникают наиболее быстрые ионы катодного пучка. Вместе с тем наиболее слабым местом слоя является его центральная часть. Здесь самая высокая температура и, следовательно, меньшая плотность пара, так как число молекул здесь становится незначительным. Очевидно, этому же закону должен следовать и заряд слоя.

Если катодный пучок направлен в среднюю часть слоя, то большее количество электронов может попасть непосредственно на анод. При этих обстоятельствах падение напряжения вблизи анода будет меньше, а вместе с тем при той же силе тока получится меньший расход мощности в анодном пламени, что вызовет менее интенсивное испарение анода, меньшую глубину анодного кратера и меньшую его яркость.

Так как факт рассеяния ионов катодного пучка на границе слияния двух пламенных потоков оказывает существенное влияние на расход энергии в анодном пламени, то приобретает особо важное значение вопрос о том, к какой части слоя должен быть направлен катодный пучок, т. е., другими словами, как необходимо ориентировать катод относительно анода. Необходимо иметь в виду и то, что катодный пучок искривляется не только под действием отрицательно заряжённого слоя, но и вследствие конвекционных токов газов, окружающих дугу. Однако это обстоятельство лишь незначительно влияет на положение катодного пучка.

Относительно падения напряжения на других участках дуги повышенной яркости можно сказать следующее.

Падение напряжения на границе слияния двух пламенных потоков, катодного и анодного, можно уподобить падению напряжения на дуговом столбе дуги между чистыми угольными электродами, т. е. оно зависит от длины этого столба и от силы разрядного тока.

Падение напряжения на участке анодного пламени, обусловленное наличием отрицательно заряженного слоя и движением частиц от анода под влиянием сил испарения, создаёт поле, противодействующее основному, и это противодействие будет тем больше, чем дальше от анода находится отрицательно заряжённый слой, т. е. чем интенсивнее идёт испарение. Это указывает на то, что здесь падение напряжения прямо пропорционально силе тока. Резюмируя сказанное относительно падения напряжения на дуге между чистыми угольными электродами и на дуге повышенной яркости, можно заключить, что в первом случае катодное падение напряжения зависит от силы тока и от длины дуги, во втором случае только от длины дуги, а падение напря-

жения на дуговом столбе или на границе слияния пламенных потоков зависит от длины дуги и от силы тока, и, наконец, анодное падение напряжения в первом случае обратно пропорционально силе тока, а во втором случае прямо пропорционально разрядному току.

Дуга повышенной яркости по внешнему виду существенно отличается от дуги между чистыми угольными электродами. Характерной особенностью этой дуги является высокая плотность тока на аноде, которая практически достигает 150—200 *а/см²*. При этих условиях в анодном пламени образуется клубок паров, обладающий яркостью, в 5—6 раз превышающей яркость кратера анода дуги между чистыми угольными электродами.

Приведённое здесь краткое описание электронных явлений в двух модификациях дуги между электродами из углеродистых материалов позволит лучше понять физическую сущность электротехнических и светотехнических характеристик этих источников света, а эти характеристики имеют непосредственное практическое значение.

3. Электротехнические характеристики дуги между угольными электродами

Вольтамперные характеристики дуги. Электротехнические свойства дуги постоянного тока между угольными электродами достаточно хорошо выявляются из её вольтамперных или так называемых статических характеристик, которые дают зависимость падения напряжения на дуге от силы разрядного тока. Для получения этих характеристик собирают схему, представленную на рис. 6. Стараются тщательно поддерживать постоянство длины дуги и постоянство э. д. с. генератора. Изменяя значение силы тока, проходящего через дугу, путём введения или выведения внешнего сопротивления R в цепь с дугой, следят за тем, как изменяется падение напряжения на дуге, и регистрируют его по вольтметру V_1. Следует стремиться

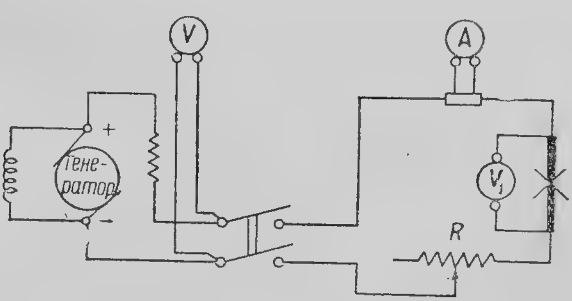


Рис. 6. Схема включения дуги для получения вольтамперной характеристики

к тому, чтобы отсчёты по вольтметру V_1 и амперметру A брались одновременно.

Опыт показывает, что в случае дуги между чистыми угольными электродами падение напряжения на дуге, представляющее сумму катодного падения напряжения, падения на дуговом столбе и падения вблизи анода, уменьшается с увеличением силы тока по закону кривых, представленных на рис. 7. Эти семь кривых получены для семи различных значений длины дуги, от 1 до 7 *мм*.

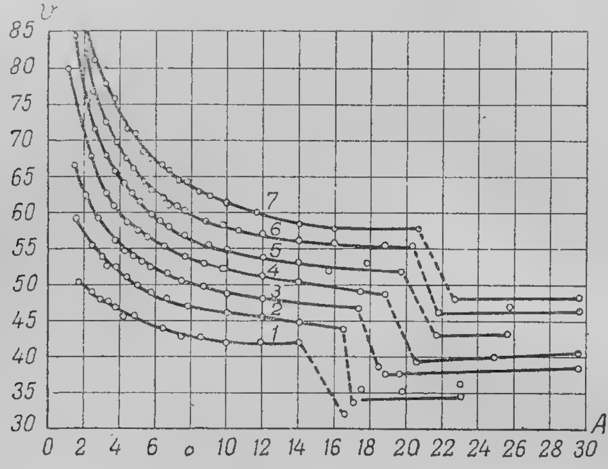


Рис. 7. Вольтамперные характеристики дуги между чистыми угольными электродами

Чем больше длина дуги, тем больше падение напряжения на дуге при одинаковом значении силы тока. При одной и той же длине дуги падение напряжения с увеличением силы тока уменьшается, причём плавное изменение происходит только до того момента, пока сила тока не достигнет некоторого критического значения; после этого дуга начинает гореть неспокойно, перемещается по электродам, дробится и превращается в шипящую. При шипящей дуге плавное изменение напряжения с изменением силы тока нарушается, кривые имеют разрыв (пунктирный участок) и показывают лишь общую тенденцию дальнейшего уменьшения напряжения с увеличением силы тока.

Впервые вольтамперные характеристики дуги постоянного тока между чистыми угольными электродами были получены и исследованы Г. Айртон в 1903 г., причём были доказаны следующие положения.

Плавный участок вольтамперной кривой для данной длины дуги λ является гиперболой и удовлетворяет уравнению

$$V_д = A + \frac{B}{i_д} = \alpha + \beta\lambda + \frac{\gamma + \delta\lambda}{i_д}, \quad (4)$$

где A — некоторое минимальное напряжение, при котором дуга может возникнуть между данными электродами в атмосфере данного газа;

B — некоторая минимальная мощность, необходимая для возникновения данной дуги;

$V_д$ — падение напряжения на дуге;

$i_д$ — сила разрядного тока дуги;

α, β, γ и δ — постоянные величины, зависящие только от физических свойств электродов и окружающего дугу газа.

Если все члены уравнения (4) умножить на силу тока дуги $i_д$, то получим уравнение ваттамперной характеристики, которая представляет собой зависимость изменения мощности, потребляемой дугой, от величины зарядного тока:

$$P_д = Ai_д + B = (\alpha + \beta\lambda)\, i_д + (\gamma + \delta\lambda). \qquad (5)$$

Из уравнения (5) видно, что мощность, потребляемая дугой, является линейной функцией силы тока и длины дуги, следовательно, ваттамперные характеристики дуги должны быть прямыми линиями.

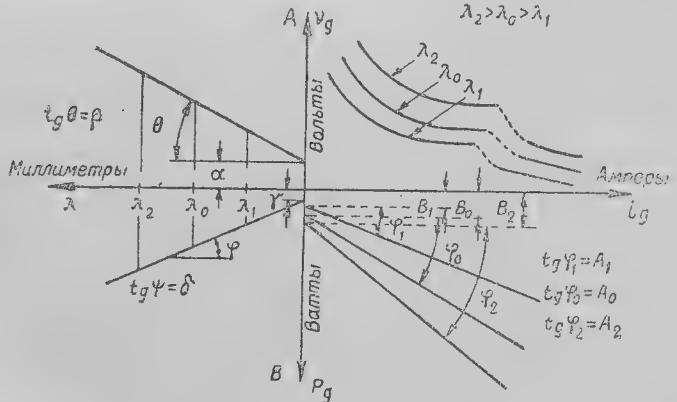


Рис. 8. Определение постоянных коэфициентов уравнения Айртон

Используя ваттамперные прямые для трёх различных значений длины дуги и линейную зависимость коэфициентов A и B от длины дуги λ, можно определить постоянные величины α, β, γ и δ для данных электродов. Для этого следует выполнить построения, аналогичные приведённым на рис. 8.

В случае дуги повышенной яркости вольтамперные характеристики имеют вид восходящих кривых (рис. 9).

Если дуга образована между электродами повышенной яркости, то при сравнительно малых плотностях тока на электродах падение напряжения на дуге уменьшается с увеличением силы тока, но потом, когда плотность тока достигает некоторого критического значения, внутри кратера анода образуется весьма яркий паровой клубок, и при дальнейшем увеличении силы тока падение напряжения на дуге будет увеличиваться. Появление парового клубка в области анодного кратера и образование противодвижения частиц под влиянием сил испарения от анода к катоду носит название внезапного (спонтанного) эффекта Бека.

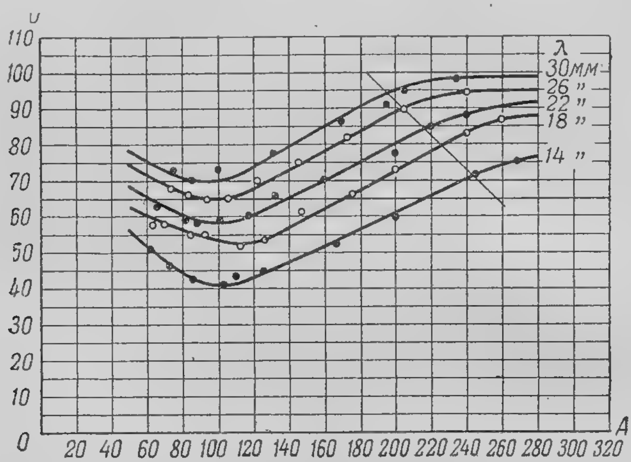


Рис. 9. Вольтамперные характеристики дуги повышенной яркости

Внезапное появление парового клубка в анодном пламени влияет прежде всего на анодное падение напряжения, которое с этого момента становится прямо пропорциональным силе тока и настолько возрастает по величине, что значительно превосходит катодное падение и падение потенциала на „дуговом столбе“.

Уравнение вольтамперной характеристики дуги повышенной яркости может быть написано в таком виде:

$$V_д = A + \frac{B}{i_д} + Ci_д . \qquad (6)$$

Если все члены этого уравнения умножить на силу тока дуги $i_д$, то получим уравнение ваттамперной характеристики в виде

$$P_д = Ai_д + B + Ci_д^2 . \qquad (7)$$

В этом уравнении, представляющем собой уравнение параболической кривой, последний член имеет размерность джоулева

тепла, что хорошо согласуется с наличием интенсивных температурных явлений в анодном пламени и с тем, что именно анодное падение напряжения прямо пропорционально силе тока.

Постоянные коэфициенты уравнений (6) и (7) A, B и C можно определить на основании опытных вольтамперных характеристик различными способами. Например, взять на параболической кривой $P_д = f(i_д)$ три произвольные точки с координатами $(i_1 P_1)$; $(i_2 P_2)$ и $(i_3 P_3)$ и найти коэфициенты A, B и C из уравнения этой кривой, написанного в такой форме:

$$P_д = \frac{P_1 (i - i_2)(i - i_3)}{(i_1 - i_2)(i_1 - i_3)} + \frac{P_2 (i - i_3)(i - i_1)}{(i_2 - i_3)(i_2 - i_1)} + \frac{P_3 (i - i_1)(i - i_2)}{(i_3 - i_1)(i_3 - i_2)} . \quad (8)$$

Так как яркость анодного кратера дуги повышенной яркости достигает своего наибольшего значения при наиболее развитом и стационарном паровом клубке в анодном пламени, эта дуга, как правило, эксплоатируется на восходящей части вольтамперной характеристики.

Устойчивость горения дуги. Дуга между чистыми угольными электродами может гореть устойчиво, если в цепи имеется последовательно включённое добавочное или балластное сопротивление, которое, взаимодействуя с кажущимся сопротивлением дуги, способствует перераспределению падения напряжения в цепи с дугой и тем создаёт для этой цепи условия стабильности.

Под устойчивостью дуги понимается её способность сохранять постоянство электрического режима горения при колебаниях силы тока, вызванных сгоранием электродов и изменением условий ионизации разрядного промежутка. При падающей вольтамперной характеристике всякое возрастание силы тока дуги требует снижения напряжения, подводимого к дуге; при постоянстве его сила тока может увеличиваться непрерывно. При уменьшении силы тока требуется повышение напряжения на дуге, так как дуга может оборваться.

Применительно к дуге повышенной яркости, имеющей восходящую вольтамперную характеристику, это положение справедливо лишь отчасти, о чём будет сказано в дальнейшем.

Упрощённо условия устойчивого горения дуги и роль балластного сопротивления можно пояснить следующим образом. На рис. 10 приведены одна вольтамперная характеристика дуги $V_д = f_2(i_д)$ при $\lambda = \text{const}$, вольтамперная характеристика источника электрической энергии с постоянным значением э. д. с. $E = f_1(i_д)$ и прямая BC включённого последовательно с дугой сопротивления $R = \operatorname{tg} \varphi$.

Прямая BC пересекает вольтамперную характеристику дуги в двух точках A_1 и A_2; при этом можно утверждать, что A_1 является точкой устойчивого горения дуги при данном значении

E и R, а точка A_2 таковой не является. В точке A_1 э. д. с. генератора расходуется по закону

$$E = V_д + i_д R. \tag{9}$$

При любом изменении тока в цепи с дугой появится электродвижущая сила самоиндукции, и равенство (9) примет вид

$$E = V_д + i_д R + L \frac{di}{dt}. \tag{10}$$

От точки A_1 справа $L\frac{di}{dt}$ отрицательно, следовательно, ток, увеличившись на величину Δi, будет вновь стремиться к $i_д$ и

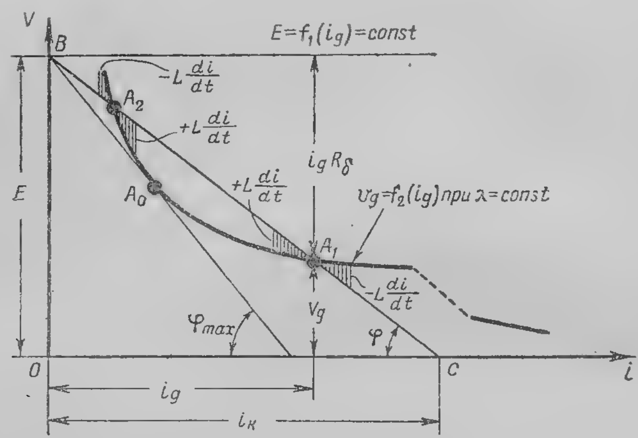


Рис. 10. Способ определения точки устойчивого горения дуги:

точка A_1—точка устойчивого горения дуги данной длины при данных параметрах цепи

уменьшится. От точки A_1 слева $L\frac{di}{dt}$ положительно, ток уменьшившись, будет вновь стремиться к $i_д$ и увеличится. Точка A_2, как нетрудно видеть из чертежа, этим условиям не удовлетворяет.

Условия устойчивого горения дуги можно сформулировать ещё и так. Для того чтобы дуга горела устойчиво при заданном электрическом режиме, необходимо, чтобы соблюдалось неравенство

$$-\frac{dV_д}{di} + R > 0, \tag{11}$$

т. е. необходимо, чтобы угол между касательной к характеристике дуги в данной точке и осью токов (угол $\frac{dV}{di}$) был меньше, чем угол между прямой сопротивления внешней цепи и осью токов (угол φ).

На рис. 10 касательная BA_0 ограничивает пределы устойчивого горения дуги данной длины при различных значениях сопротивления R от $R_{max} = \text{tg}\ \varphi_{max}$.

Дуга повышенной яркости эксплоатируется на восходящей части вольтамперной характеристики, и поэтому для её устойчивого горения нет необходимости иметь в цепи добавочное или балластное сопротивление.

В самом деле, возможное временное изменение силы тока цепи и появление э. д. с. самоиндукции показывают, что любая точка A_0 и A_1 (рис. 11) является точкой устойчивого горения дуги. Неравенство (11) показывает, что все точки восходящей части характеристики будут иметь положительное значение $\frac{dV}{di}$ и при любом всегда положительном R неравенство (11) будет соблюдаться.

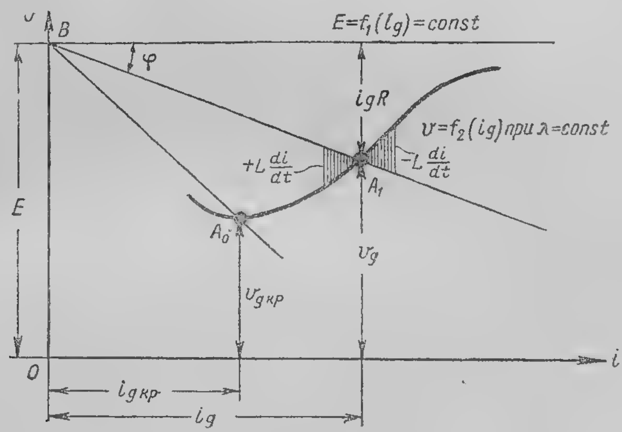


Рис. 11. Дуга повышенной яркости, устойчивая при любом малом балластном сопротивлении

Роль балластного сопротивления. Балластное сопротивление, кроме поддержания устойчивого горения дуги при определённом электрическом режиме, ограничивает ток короткого замыкания при образовании дуги. Из рис. 10 и 11 видно, что когда электроды дуги сведены до соприкосновения, падение напряжения на дуге равно нулю, в цепи течёт максимальный ток короткого замыкания, равный

$$i_к = \frac{E}{R_б}. \tag{12}$$

Ток короткого замыкания $i_к$ будет тем больше, чем меньше величина балластного сопротивления. Однако фактическое падение напряжения на сведённых до соприкосновения угольных электродах не уменьшается до нуля, а имеет некоторое значение, обусловленное наличием контактного сопротивления $R_к$ между соприкасающимися электродами.

В современных дуговых лампах, снабжённых приспособлениями для мгновенного образования дуги, процесс короткого замыкания кратковременный, и поэтому даже при малом балластном сопротивлении или при полном отсутствии его бросок тока короткого замыкания не превышает допустимых пределов и не оказывает вредного воздействия на генератор, питающий дугу.

На основании этих соображений для питания дуги повышенной яркости иногда берут источник энергии, генерирующий э. д. с., равную нормальному падению напряжения на дуге, и подключают дугу к зажимам без добавочного или балластного сопротивления.

Сравнение свойств цепи с дугой при наличии балластного сопротивления и без сопротивления можно произвести по уравнению (9). Падение напряжения на дуге при наличии балластного сопротивления будет

$$V_д = E - i_д R_б = E - \frac{ER_б}{R_б + R_{к.д}} = E \frac{R_{к.д}}{R_б + R_{к.д}}, \qquad (13)$$

где $R_{к.д}$ — кажущееся сопротивление дуги;

$R_б$ — балластное сопротивление.

При отсутствии балластного сопротивления

$$V_д = E_1.$$

Ток короткого замыкания при наличии балластного сопротивления будет

$$i_к = \frac{E}{R_б + R_к}. \qquad (14)$$

При отсутствии балластного сопротивления

$$i_к = \frac{E_1}{R_к}, \qquad (15)$$

где $R_к$ — контактное сопротивление соприкасающихся электродов;

E_1 — э. д. с. генератора, меньшая E и равная нормальному падению напряжения на дуге.

Полное отсутствие балластного сопротивления в цепи питания дуги повышенной яркости не вызывает особо резких колебаний её электрического и светового режимов горения, только к автомату дуговой лампы в этом случае предъявляются некоторые особые требования, а источник электрической энергии должен быть менее чувствительным к колебаниям тока нагрузки и выдерживать более высокие токи короткого замыкания.

Следует иметь в виду, что электрический режим горения дуги между данными угольными электродами должен избираться как некоторый оптимальный режим, при котором кратер анода обладает наибольшей яркостью, и эта яркость сохраняется при малых допустимых колебаниях режима; дуга горит спокойно, без выделения копоти, без мигания и без шума.

Выбранный на этих основаниях оптимальный электрический режим горения дуги стараются поддержать, соответственно подбирая все параметры внешней цепи, т. е. E, $R_б$ и $i_к$. Колебания

электрического режима ограничивают применением специальных регуляторов, автоматов дуговых ламп и специальных приспособлений для зажигания и гашения дуги.

4. Светотехнические свойства дуги между угольными электродами

Яркость дуги. Электрическая дуга между чистыми угольными электродами иногда используется как эталон постоянной яркости, так как яркость кратера анода такой дуги не зависит от силы тока, а определяется только качеством угольных электродов (степенью чистоты углеродистых материалов — отсутствием золы, летучих веществ — и тщательностью изготовления электродов — мелкостью размола, качеством прессовки и т. д.). При малых плотностях тока только часть поверхности кратера анода достигает предельной температуры возгонки углеродистых материалов и обладает максимальной яркостью. По мере увеличения плотности тока область максимальной яркости распространяется на бо́льшую и бо́льшую часть поверхности кратера, и, наконец, когда вся эта поверхность доведена до предельной температуры возгонки, дальнейшее увеличение плотности тока приводит к шипящей дуге и не даёт увеличения излучаемого дугой светового потока. Таким образом, кратер дуги между чистыми угольными электродами можно рассматривать как односторонний диск равномерной яркости, и если бы катод не экранировал некоторой части его поверхности, кривая распределения силы света этой дуги представляла бы собой правильную окружность (закон Ламберта). В зависимости от качества электродов яркость кратера этой дуги может быть равна 12 000—16 000 *сб*.

Анодный кратер является наиболее яркой частью дуги повышенной яркости. Он излучает свыше 85% всего светового потока дуги, около 10% излучает пламя, заполняющее междуэлектродный промежуток, и не более 5% излучает раскалённый конец отрицательного электрода.

Внутри анодного кратера и перед ним находится своеобразный паровой клубок. Этот клубок в иных случаях настолько прозрачен, что через плотный фильтр можно наблюдать место соединения оболочки электрода с фитилем.

Действующая яркость кратера B_{ar} в этом случае может рассматриваться как состоящая из двух слагаемых:

$$B_{ar} = B_{с} + B_{к}, \qquad (16)$$

где $B_с$ — яркость раскалённых стенок кратера, наибольшая в центре, где температура выше, и равномерная для стенок кратера, имеющих одинаковую температуру накала;

$B_к$ — яркость парового клубка, бо́льшая по тому направлению, по которому просматривается бо́льшая толщина клубка.

Яркость стенок кратера, обусловленная свойствами углеродистых материалов, входящих в состав электрода, не может быть увеличена по тем же причинам, что и яркость кратера при чистых угольных электродах. Яркость парового клубка, по закону объёмного свечения, будет тем больше, чем бо́льшая толща объёма действует в данном направлении.

Величина яркости клубка подчиняется закону

$$B_к = B_0 (1 - \tau^l), \qquad (17)$$

где B_0 — яркость бесконечно протяжённого объёма или некоторое предельно большое значение яркости;

τ — коэфициент прозрачности слоёв, взятых в излучающем объёме;

l — количество единичных слоёв, действующих в данном направлении.

Таким образом, яркость кратера анода дуги повышенной яркости неравномерна, она является функцией точки на поверхности кратера и, кроме того, зависит от направления выбранной линии визирования на кратер.

Типичные яркостные характеристики кратера, полученные впервые Бенфордом для 150-*a* дуги, представлены на рис. 12. Эти кривые были получены таким образом. Перед дугой на некотором расстоянии устанавливалась линза или объектив, при помощи которого получалось увеличенное изображение кратера на поверхности диска-анализатора (рис. 13), установленного на большем расстоянии от дуги, чем линза.

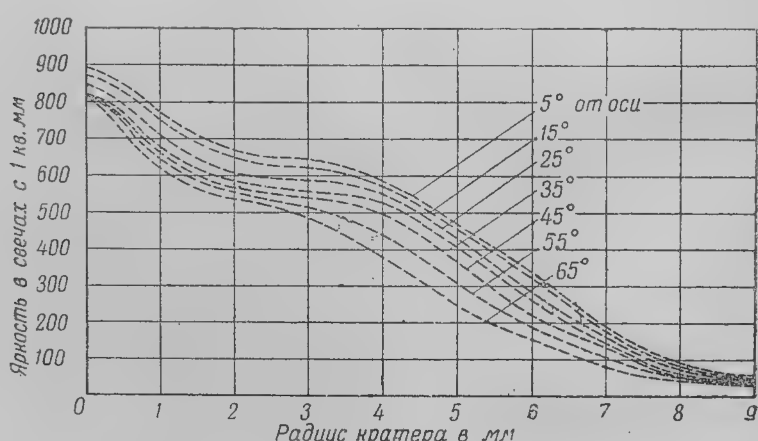


Рис. 12. Яркостные характеристики анодного кратера по Бенфорду

Диск-анализатор укреплён на шаровом фотометре и имеет на поверхности ряд кольцевых вырезов, через которые некоторая часть светового потока от изображения кратера может проникать внутрь шара. По величине этого светового потока и по

величине освещённости стенок шара можно судить о яркости данной кольцевой зоны кратера, приходящейся в данный момент против кольцевого выреза диска-анализатора.

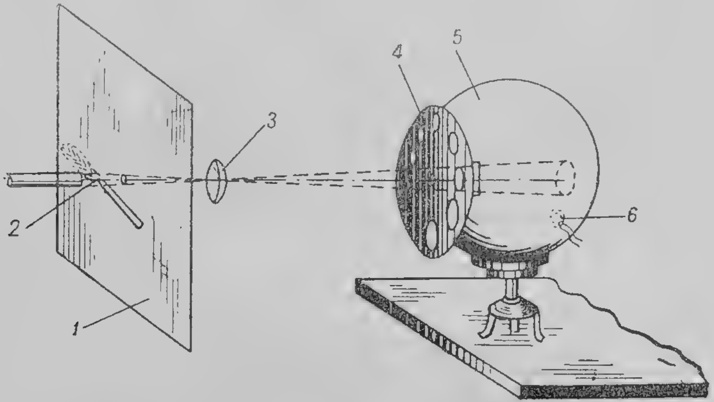


Рис. 13. Схема расположения приборов при измерении яркости анодного кратера по Бенфорду:
1—экран; 2—дуга; 3—линза; 4—диск-анализатор; 5—шаровой фотометр; 6—фотоэлемент

Световой поток, упавший на диск и распределившийся по поверхности изображения кратера, будет

$$\Phi_{из} = t\Phi_0 = tB_\alpha S_\alpha \omega, \tag{18}$$

где Φ_0 — световой поток, упавший от кратера на линзу;
t — коэфициент пропускания линзы;
B_α — яркость кратера по данному направлению;
S_α — площадь проекции кратера, видимая на изображении;
ω — телесный угол светового отверстия линзы.

Освещённость изображения кратера на плоскости диска анализатора будет

$$E_{из} = \frac{\Phi_{из}}{S_{из}} = tB_\alpha \frac{S_\alpha}{S_{из}} \omega; \tag{19}$$

но $\frac{S_\alpha}{S_{из}} = \left(\frac{l}{L}\right)^2$, а $\omega = \frac{\delta}{l^2}$, где δ — площадь светового отверстия линзы; поэтому

$$E_{из} = tB_\alpha \frac{\delta}{L^2}. \tag{20}$$

Световой поток, прошедший через отверстие в шаре, будет:

$$\Phi_i = E_{из} S_i, \tag{21}$$

где S_i — площадь кольцевого выреза.

Отсчёт по фотометру, которым измеряют освещаемость внутренних стенок шара, будет пропорционален световому потоку, т. е.

$$\Phi_i = \frac{C}{a^2} = E_{\text{из}} S_i \,. \tag{22}$$

Сопоставляя уравнения (20) и (22), получим

$$E_{\text{из}} = \frac{C}{S_i\ a^2} = tB_\alpha \frac{\delta}{L^2}\,; \tag{23}$$

откуда

$$B_\alpha = \frac{CL^2}{t\delta S_i\ a^2} = \frac{C_0}{a^2 S_i}\,. \tag{24}$$

Пользуясь этим уравнением, находят яркость различных зон кратера по измерениям освещённости внутренних стенок шара, устанавливая перед отверстием в шаре различные кольцевые вырезы диска-анализатора, выделяющие различные зоны кратера.

Из рис. 12 видно, что яркость кратера является функцией радиуса зоны кратера и функцией угла зрения на кратер, отсчитываемого от оси анода.

При изменении силы тока в пределах плавного участка восходящей части вольтамперной характеристики яркость кратера анода дуги повышенной яркости является линейной функцией силы тока, т. е. она увеличивается с увеличением силы тока и уменьшается при её уменьшении.

Предельной яркости анодного кратера ещё не удалось добиться; известны прожекторы с дуговыми лампами на силу тока 1 000—1 200 *а*, где кратер анода имеет яркость порядка 140 000 *сб*.

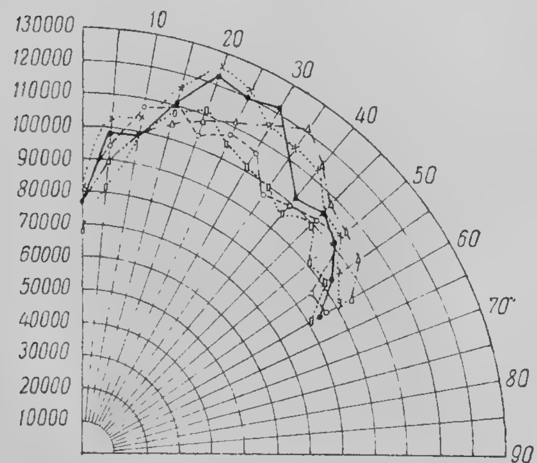


Рис. 14. Кривые распределения силы света дуговой лампы прожектора МПЭ-Э9,0-2 в горизонтальной плоскости (для пяти пар углей)

Наиболее часто в работе корабельных прожекторов приходится иметь дело с яркостью кратера порядка 35 000—70 000 *сб*.

Общая величина светового потока, излучаемого 150-*а* дугой, может достигать 555 000 *лм*. Максимальная сила света кратера дуги в этих условиях достигает 120 000 свечей.

На рис. 14 приведены кривые распределения силы света лампы 90-*см* корабельного прожектора в го-

ризонтальной плоскости, из которых видно, что наибольшая сила света в этом случае излучается под углом 20—30° от оси анода.

На рис. 15 приведены кривые распределения энергии излучения дуги между чистыми угольными электродами (кривая *C*) и дуги повышенной яркости (кривая *A*) по спектру. Эти кривые показывают, что дуга повышенной яркости в пределах видимого

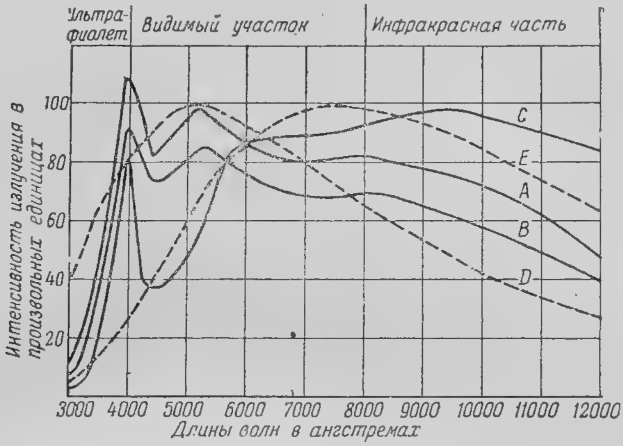


Рис. 15. Кривые распределения энергии излучения по спектру:

A—дуга повышенной яркости на 125 *а* 68 *в*, анод 13,6 *мм*; *B* — то же, на 110 *а* 60 *в*, анод 11 *мм*; *C* — дуга между чистыми угольными электродами на 30 *а* 55 *в*, анод 12 *мм*; *D* — теоретическая кривая для абсолютно чёрного тела при 5600° К; *E*—то же, при 3810° К

участка спектра излучает более равномерное количество световой энергии всех длин волн, чем дуга между чистыми угольными электродами. У дуги повышенной яркости имеются два максимума излучения, и оба они находятся в основном в фиолетовой и ультрафиолетовой областях спектра. Сопоставляя максимум кривой дуги повышенной яркости с максимумом кривой излучения абсолютно чёрного тела при температуре 5600° К, а максимум кривой дуги между чистыми электродами с максимумом кривой излучения абсолютно чёрного тела при температуре 3810° К, видим достаточно хорошее совпадение этих максимумов. Это позволяет утверждать, что дуге повышенной яркости свойственна более высокая температура (5600° К), чем дуге между чистыми электродами (3810° К). Следует заметить, что с увеличением мощности, потребляемой дугой повышенной яркости, кривая распределения энергии излучения по спектру поднимается выше на всех участках. На рис. 15 приведены такие кривые *A* и *B* для различных электрических режимов дуги повышенной яркости.

5. Угольные электроды для дуговых ламп

Особенности горения электродов повышенной яркости. Дуга повышенной яркости горит при большей плотности тока на электродах, чем дуга между чистыми угольными электродами, и потому в современных дуговых лампах приходится ток к электродам подводить ближе к горящему концу.

Когда необходимо пропустить ток по всей длине электрода, приходится для повышения проводимости применять электрод, покрытый тонким слоем меди (например, отрицательные электроды 60-*см* прожектора).

Из-за наличия в кратере анода парового клубка, устремляющегося вверх, приходится вращать анод вокруг его оси всё время, пока дуга горит.

При горении дуги повышенной яркости образуется большое количество новых газов и газовых смесей (рис. 16).

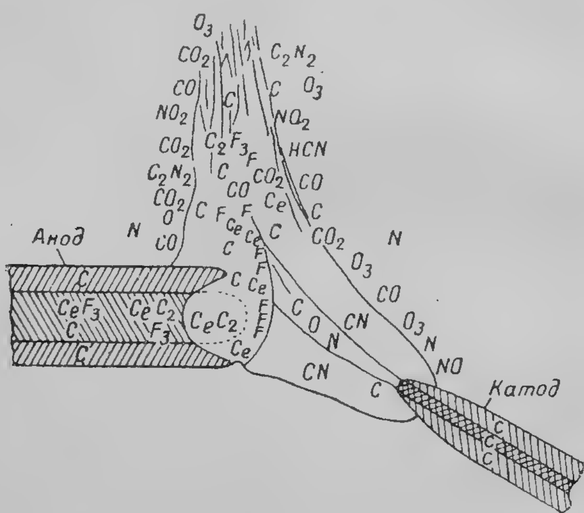


Рис. 16. Газы, образующиеся при горении дуги повышенной яркости

Исследования газов, образующихся при горении дуги повышенной яркости, показали, что здесь присутствует синильная кислота HCN, синероид C_2N_2 и большое количество перекиси азота. Содержание золы, образующейся при горении этой дуги, следующее: окислы редких земель — 65,7%, окись железа—2,26%, окись калия—2,25%, триокись серы — 2,35%, фтор—10,65%, окись кальция, пятиокись фосфора и др. в незначительных долях.

Материалы угольных электродов. Основными материалами, идущими на изготовление угольных электродов для дуги повышенной яркости, являются: сажа минерального происхождения, нефтяной кокс, каменноугольная смола и фтористый церий. Во

всех этих материалах должно быть минимальное количество летучих веществ (не свыше 4%); допустимое содержание золы — доли процента (0,1—0,3%). В составе фтористого церия должно быть редких земель не менее 80%, растворов солей не более 5%, а чистого церия не менее 40% [1].

Отрицательный электрод изготовляется целиком из углеродистых материалов (сажа, каменноугольный пек, пековый кокс, смола) с добавлением небольшого количества борной кислоты для лучшего шлакования при горении.

Положительный электрод имеет оболочку из углеродистых материалов и фитиль с содержанием 50% фтористого церия. Таким образом, у положительного электрода большей проводимостью обладает фитиль.

Угольные электроды для дуги повышенной яркости изготовляются с вставными и набивными фитилями. Вставные фитили изготовляются отдельно от оболочек и на последней стадии производства вставляются внутрь оболочки смазанные жидким стеклом. Набивным фитилем заполняют оболочку путём впрессовывания фитильной массы.

О качестве угольных электродов судят, во-первых, по внешнему виду. Электроды должны быть совершенно прямые, не иметь заметных продольных и поперечных трещин на оболочке, не должны быть пористы и пачкать руки при прикосновении, фитиль должен быть вставлен в оболочку с минимальным зазором и не иметь сколов и трещин. Во-вторых, качество угольных электродов выявляется при горении дуги. Если дуга горит спокойно, не выделяя копоти, при нормальном токе дуга не шипит, структура пламенных потоков дуги правильна и достаточно стабильна, то это означает, что качество электродов удовлетворительно. Наиболее важным показателем качества прожекторных электродов является яркость кратера анода. Яркость должна быть наибольшей при глубоком и правильном кратере, равномерно выгорающем при нормальной скорости вращения анода. Распределение яркости по поверхности кратера должно быть стабильным и по возможности не изменяющимся во всё время горения. Продолжительность горения одной пары угольных электродов чаще всего находится в пределах $1-1^1/_2$ часов.

Угли хорошего качества при горении характеризуются: высокой яркостью кратера анода, малым обсосом горящих концов углей, отсутствием поломок, выкрашиваний и отделения от горящих углей крупных частиц и большого количества копоти.

В приложении 2 приводятся данные некоторых прожекторных дуговых ламп и угольных электродов для них.

---

[1] Более подробные сведения о материалах и технологии производства прожекторных электродов можно получить в книге А. С. Красильникова, Производство электроугольных изделий, ОНТИ НКТП, 1936 г.

Глава II

ОПТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ КОРАБЕЛЬНЫХ ПРОЖЕКТОРОВ

6. Металлический параболический отражатель

Параметры отражателей. В современных прожекторных устройствах световой поток источника света чаще всего перераспределяется при помощи параболического отражателя в узкий конический пучок. Параболический отражатель имеет форму параболоида вращения (рис. 17), образованного вращением ветви параболы OK вокруг оси Ox. Эта ось в данном случае называется оптической осью отражателя, точка фокуса параболоида — фокусом отражателя, а расстояние OF — фокусным расстоянием отражателя.

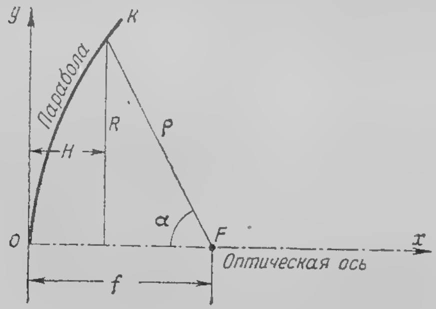


Рис. 17. Параметры параболического отражателя

Параболические отражатели бывают стеклянные и металлические. В стеклянном отражателе световой поток источника света перераспределяется действием двух поверхностей стекла, а также толщи стекла. В металлическом отражателе световой поток источника света перераспределяется одной лицевой, или вогнутой, поверхностью отражателя, на которую наложен отражающий слой.

Основные параметры как стеклянного, так и металлического отражателей рассматриваются применительно к лицевой, или вогнутой, поверхности параболоида вращения.

Этими параметрами являются:

R — радиус светового отверстия отражателя или ордината некоторой точки на поверхности отражателя, в *см*;

H — глубина отражателя или абсцисса кромки отражателя, если начало координат совмещено с вершиной параболы, в *см*;

f — фокусное расстояние отражателя или полупараметр параболы, равный $^{p}/_{2}$, в *см*;

ρ — радиус-вектор, соединяющий точку фокуса с некоторой точкой образующей параболы OK, в *см*;

α — плоский угол светового отверстия отражателя или угол, образованный радиусом-вектором ρ с оптической осью, в градусах.

Если известны любые два из этих параметров[1], то остальные можно определить из свойств параболической кривой по формулам, приведённым в табл. 1.

Таблица 1

Дано	Находим		
R; H	$f=\frac{R^2}{4H}$	$\operatorname{tg} {}^{\alpha}/_{2}=\frac{2H}{R}$	$\rho=\frac{4H^2+R^2}{4H}$
R; α	$f=\frac{R}{2\operatorname{tg} {}^{\alpha}/_{2}}$	$H=\frac{R}{2}\operatorname{tg} {}^{\alpha}/_{2}$	$\rho=\frac{R}{\sin\alpha}$
ρ; α	$f=\rho\cos^2 {}^{\alpha}/_{2}$	$H=\rho\sin^2 {}^{\alpha}/_{2}$	$R=\rho\sin\alpha$
ρ; f	$R=2\sqrt{f\rho-f^2}$	$\cos\alpha=\frac{2f-\rho}{\rho}$	$H=\rho-f$
f; H	$R=2\sqrt{fH}$	$\operatorname{tg} {}^{\alpha}/_{2}=\sqrt{\frac{H}{f}}$	$\rho=f+H$
H; α	$R=\frac{2H}{\operatorname{tg} {}^{\alpha}/_{2}}$	$f=\frac{H}{\operatorname{tg}^2 {}^{\alpha}/_{2}}$	$\rho=\frac{H}{\sin^2 {}^{\alpha}/_{2}}$
α; f	$R=2f\operatorname{tg} {}^{\alpha}/_{2}$	$H=f\operatorname{tg}^2 {}^{\alpha}/_{2}$	$\rho=\frac{f}{\cos^2 {}^{\alpha}/_{2}}$
R; f	$\operatorname{tg} {}^{\alpha}/_{2}=\frac{R}{2f}$	$H=\frac{R^2}{4f}$	$\rho=\frac{4f^2+R^2}{4f}$
R; ρ	$\sin\alpha=\frac{R}{\rho}$	$H=\frac{1}{2}(\rho\mp\sqrt{\rho^2-R^2})$	$f=\frac{1}{2}(\rho\pm\sqrt{\rho^2-R^2})$
H; ρ	$\sin {}^{\alpha}/_{2}=\sqrt{\frac{H}{\rho}}$	$R=2\sqrt{H\rho-H^2}$	$f=\rho-H$

Наряду с плоскостными параметрами отражателя на практике приходится иметь дело также с некоторыми пространственными параметрами параболоида вращения. Приведём здесь некоторые формулы.

[1] Чаще всего на фирменном бланке отражателя указываются его радиус R и фокусное расстояние f.

Площадь лицевой поверхности отражателя

$$P = \frac{\pi}{3f}\left(4f^2 + R^2\right)^{3/2} = \frac{8\pi}{3}\left(\sqrt{f\rho^3} - f^2\right)\ см^2. \qquad (25)$$

Объём вогнутого параболического отражателя

$$V = {}^1/_2\,\pi R^2 H = \frac{1}{8f}\,\pi R^4\ см^3. \qquad (26)$$

Телесный угол светового отверстия отражателя

$$\Omega = 2\pi\,(1 - \cos\alpha) = 4\pi\sin^2 \alpha/_2. \qquad (27)$$

Отражатели, у которых глубина больше фокусного расстояния ($H > f$), называются г л у б о к и м и; у которых глубина меньше фокусного расстояния ($H < f$) — м е л к и м и.

Отражатели, у которых плоский угол светового отверстия α меньше 60°, называются д л и н н о ф о к у с н ы м и.

Некоторые отражатели имеют в центральной части вырез для установки источника света.

Свойства отражателей. В прожекторной технике для получения зеркально отражающей поверхности применяют серебро, хром, родий, алюминий и золото. В качестве отражающего слоя на металлических отражателях отлагают чаще всего хром, который имеет в пределах видимого участка спектра средний коэфициент отражения 0,60—0,70, в зависимости от качества слоя и срока службы металла. Иногда металлические отражатели покрывают родием, у которого коэфициент отражения равен 0,65—0,78. Лучшим материалом для отражающего слоя является чистое серебро. На рис. 18 представлены кривые зависимости коэфициента отражения некоторых металлов от длины волны падающего света. Поскольку нас интересует видимая часть спектра, поэтому рассмотрим приведённые кривые на участке длин волн от 0,4 до 0,75 микрон. Наибольшим коэфициентом зеркального отражения (в среднем 0,92—0,94) обладает серебро, причём для всех длин волн на этом участке коэфициент изменяется незначительно. Наименьшим коэфициентом отражения обладают золото и хром. Высокий коэфициент отражения для алюминия приведён на основании последних исследований по получению алюминиевых зеркальных поверхностей путём специальной обработки их.

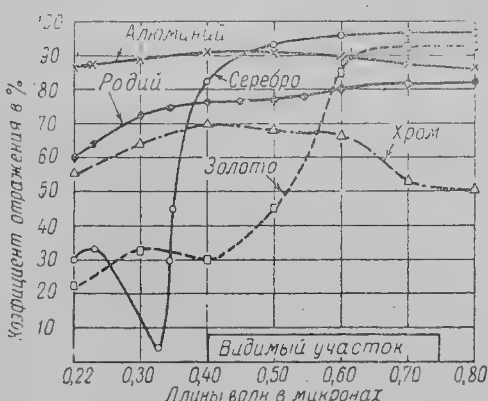


Рис. 18. Коэфициенты отражения некоторых металлов по спектру

В настоящее время металлические отражатели серебряным отражающим слоем не покрывают, так как серебро легко окисляется на воздухе и вследствие своей мягкости портится при протирании.

Кроме высокого коэфициента отражения, отражающий слой должен обладать хорошей теплостойкостью, не изменять своей структуры и свойств при нагревании. Серебряное покрытие на металле при температуре 180—200° С окисляется и портится; родиевое покрытие не изменяет своих свойств при температуре 430° С.

Отражающий слой из хрома достаточно стоек в условиях влажного воздуха, действия паров морской воды, органических кислот, азотной кислоты и т. д. Он изменяет свой цвет лишь при температуре 500° С.

7. Стеклянный параболический отражатель

Отражение света. В современных прожекторных установках наиболее широко применяются стеклянные параболические отражатели, у которых на тыльной (выпуклой) стороне отложен серебряный отражающий слой, защищённый с лицевой стороны стеклом, а с тыльной стороны — специальным покрытием медью и водонепроницаемой силикатной краской, лаком или эмалью. Такой отражатель обладает более высоким коэфициентом отражения, чем хромированный или родированный металлический отражатель, достаточно устойчив при температурных воздействиях и долговечен во всех отношениях, если не будет разбит или повреждён.

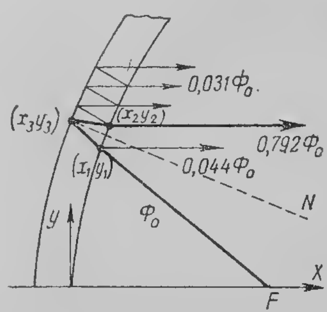


Рис. 19. Отражение света стеклянным отражателем

На тыльной поверхности современных стеклянных отражателей отлагается слой серебра в 10—15 *мг* на 1 *см*² и защитный слой меди в 15—20 *мг* на 1 *см*².

В стеклянном параболическом отражателе световой поток источника света перераспределяется действием обеих его поверхностей, лицевой и тыльной, и толщи стекла отражателя.

Если на лицевую поверхность стеклянного отражателя (рис. 19) падает некоторый луч света, характеризующийся световым потоком Φ_0, заключённым в данной элементарной световой трубке, то от первой поверхности при показателе преломления стекла $n = 1{,}52$ отразится световой поток

$$\Phi_1 = 0{,}044\ \Phi_0.$$

От тыльной поверхности, покрытой отражающим серебряным слоем при коэфициенте отражения серебра 0,92 и коэфициенте пропускания стекла 0,97, отразится световой поток

$$\Phi_2 = 0{,}792\ \Phi_0.$$

И, наконец, после многократных преломлений в стекле и повторных отражений внутри толщи стекла выйдет световой поток

$$\Phi_3 = 0{,}031\ \Phi_0.$$

Таким образом, в самом благоприятном случае, когда все лучи света, ограничивающие весь отражённый световой поток, совпадут, наш отражатель будет иметь общий коэфициент отражения, равный

$$\rho = \frac{0{,}044\ \Phi_0 + 0{,}792\ \Phi_0 + 0{,}031\ \Phi_0}{\Phi_0} = 0{,}867.$$

Копараболический отражатель. Стремясь повысить общий коэфициент отражения стеклянного отражателя, лицевую поверхность его изготовляют в виде точного параболоида вращения, а тыльную поверхность рассчитывают так, чтобы падающий на неё из точки фокуса луч света после преломления в толще стекла и отражения от отражающего слоя выходил тоже параллельно оптической оси отражателя. В этом случае отражение от лицевой поверхности и отражение от тыльной поверхности совмещаются, и такой отражатель имеет более высокий общий коэфициент отражения. Тыльная, или вторая, поверхность, рассчитанная так, чтобы соблюдалось это условие, называется копараболической поверхностью.

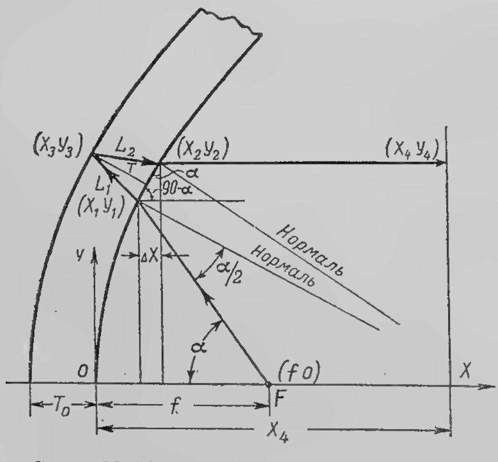


Рис. 20. К расчёту копараболического отражателя

Точный расчёт копараболической поверхности основан на принципе равенства оптических путей и заключается в следующем. Пусть осевой луч (рис. 20) имеет геометрическую длину пути от точки F до плоскости $(x_4 y_4)$, равную

$$D_0 = f + T_0 + T_0 + x_4, \tag{28}$$

где T_0 — толщина стекла отражателя в центре.

Оптическая длина пути для этого луча.

$$P_0 = 2nT_0 + f + x_4, \tag{29}$$

где n — показатель преломления стекла.

Луч, направленный под углом α к оптической оси, будет иметь геометрическую длину пути

$$D_\alpha = f + x_1 + L_1 + L_2 + x_4 - x_2, \tag{30}$$

где L_1 и L_2 — пути луча в толще стекла.

Оптическая длина пути для этого луча

$$P_\alpha = f + x_1 + n\,(L_1 + L_2) + x_4 - x_2. \tag{31}$$

Принцип равенства оптических путей предполагает, что $P_0 = P_\alpha$; тогда после преобразования получается расчётное уравнение в виде

$$n\,(L_1 + L_2) + x_1 - x_2 = 2nT_0. \tag{32}$$

Расчёт тыльной поверхности отражателя по этой формуле довольно затруднителен, так как она может решаться только подбором величин.

Существуют упрощенные и приближённые способы расчёта, в частности, так называемый с п о с о б т р е у г о л ь н и к а. Обращаясь к рис. 20, можно заметить, что в предельном случае глубокого отражателя при одинаковых углах падения и выхода $\alpha/2$ углы преломления b будут также равны между собой и в треугольнике (x_1y_1); (x_2y_2); (x_3y_3) можно считать, что

$$L_1 = L_2 = \frac{T_\alpha}{\cos b}, \tag{33}$$

где T_α — толщина отражателя по высоте треугольника. Но расстояние между точками (x_1y_1) и (x_2y_2) будет

$$B = 2T_\alpha \operatorname{tg} b, \tag{34}$$

и из рис. 20 видно, что

$$\Delta x = x_2 - x_1 = B\cos\left(90 - \frac{\alpha}{2}\right) = 2T_\alpha \operatorname{tg} b \sin\frac{\alpha}{2}. \tag{35}$$

Подставляя эти значения в уравнение (32), получим

$$\frac{2nT_\alpha}{\cos b} - 2T_\alpha \operatorname{tg} b \sin\frac{\alpha}{2} = 2nT_0. \tag{36}$$

Решая уравнение (36) относительно T_α и принимая во внимание, что $n \sin b = \sin \alpha/2$, получаем

$$T_\alpha = \frac{T_0}{\cos b} = \frac{T_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{\sin \alpha/2}{n}\right)^2}}, \tag{37}$$

где T_0 — толщина стекла в центре отражателя, которая определяется из условия механической прочности стеклянного диска и принимается равной $0{,}02 \div 0{,}05f$;

T_α — толщина отражателя под углом α; она оказывается несколько большей T_0, так как знаменатель в выражении (37) будет всегда меньше единицы.

Рассчитанная по точкам копараболическая тыльная поверхность отражателя незначительно отклоняется от некоторой близкой параболической поверхности. По соображениям простоты технологического процесса, тыльную поверхность отражателей обрабатывают по этой близкой параболической кривой, причём качество отражателя будет выше, если эта заменяющая параболическая поверхность будет касаться копараболической поверхности в точке под углом $\alpha = 50^\circ$.

Согласно рис. 20, у такого отражателя геометрические фокусы лицевой и тыльной поверхностей расположены на некотором расстоянии один от другого. Оптические же фокусы обеих поверхностей совмещены с точкой F, являющейся точкой фокуса первой, или лицевой, параболической поверхности.

По „Правилам электрооборудования кораблей" 1940 г. (ПЭК = = 40), коэфициент отражения такого отражателя принимают равным 0,86. Вес стекла отражателя такого типа можно определить по формуле

$$G = V\gamma = \frac{0{,}245\,R^2 T_0}{f^2}\,[R^2 + 12{,}8 f + 8 T_0 f]\,\gamma\ г, \qquad (38)$$

где γ — удельный вес стекла, равный 2,6 *г/см*^{3};

V — объём стекла в *см*^{3};

R — радиус отражателя в *см*.

В приложении 3 приводятся основные параметры некоторых стеклянных параболических отражателей.

8. Оценка качества параболических отражателей

Качество обработки отражателей. Как металлический, так и стеклянный параболический отражатель не может быть изготовлен математически точно. Это значит, что поверхности этого отражателя будут иметь отступления от поверхностей точных параболоидов вращения, и фокус отражателя не будет представлять собой одну точку, а будет фактически ограничиваться некоторым объёмом, в пределах которого расположены фокальные точки отдельных участков поверхности отражателя. В связи с этим у реальных отражателей имеется так называемая *каустика*, т. е. лучи, параллельно падающие на отражатель, не пересекаются в одной точке, а образуют вблизи фокуса горловину расходящихся лучей. Поверхность этой горловины и называют каустикой. Наиболее узкая часть горловины иногда называется *шейкой каустики* или *кружком наименьшего рассеивания*. На рис. 21 приведён снимок каустики параболического отражателя.

Проверка качества поверхностей отражателя может быть произведена по широко известному методу фотографирования изображения сетки или по методу светового пятна. Метод испытания отражателей фотографированием изображения сетки предложен В. Н. Чиколевым и заключается в следующем. На расстоянии немного большем, чем двойное фокусное расстояние

отражателя, устанавливается белый щит с нанесённой на него сеткой из жирных горизонтальных и вертикальных линий так, чтобы сетка была обращена к отражателю. В центре щита имеется отверстие, через которое можно наблюдать изображение сетки в отражателе или сфотографировать это изображение при помощи широкоугольного объектива. Если линии сетки на изображении не имеют резких изломов, разрывов или размытостей, а выглядят плавно изогнутыми и совершенно отчётливыми, то это значит, что поверхности отражателя не имеют грубых отклонений от правильной формы и отражатель может быть отнесён к разряду первосортных. Фотография сетки иногда прилагается к формуляру отражателя и служит одним из документов последнего.

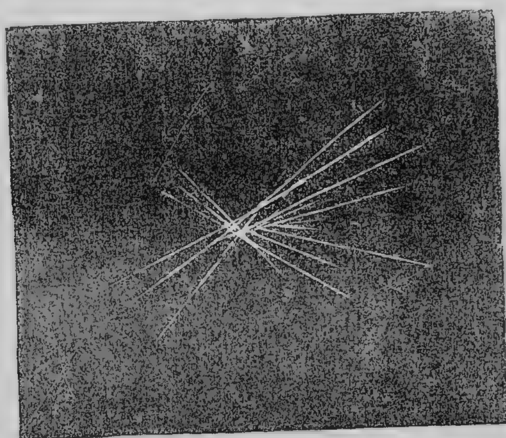


Рис. 21. Каустика отражателя

В настоящее время часто вместо большого щита с сеткой берут так называемый прибор „Эльбо", состоящий из глубокого эмалированного светильника (например типа „Альфа"), у которого световое отверстие перекрыто молочным стеклом с нанесённой на него сеткой из вертикальных и горизонтальных линий и нескольких концентрических кругов. Внутри светильника помещается лампа накаливания, которая и освещает молочное стекло с сеткой. Прибор „Эльбо" устанавливается перед отражателем на расстоянии, равном $1{,}2f - 1{,}3f$. Изображение сетки наблюдают и фотографируют на том расстоянии от отражателя, на котором изображение видно таким, что оно перекрывает всю поверхность отражателя (это расстояние равно 7—10 *м*).

Примерное размещение приборов при проверке отражателя при помощи прибора „Эльбо" показано на рис. 22. На рис. 23, *а* представлена фотография сетки доброкачественного отражателя, а на рис. 23, *б* — отражателя дефектного, у которого особенно плохо обработаны внешние зоны.

Проверка качества отражателя по методу светового пятна производится следующим способом. В фокусе отражателя устанавливается точечный (т. е. малых размеров) источник света в виде лампочки накаливания (2,5—6 *в*), и на экране, установленном на расстоянии 2—3 *м* от отражателя, или на белой стене получают освещённое светлое пятно. О качестве отражателя судят по равномерности освещения этого светлого пятна и по отсутствию резких теней на нём.

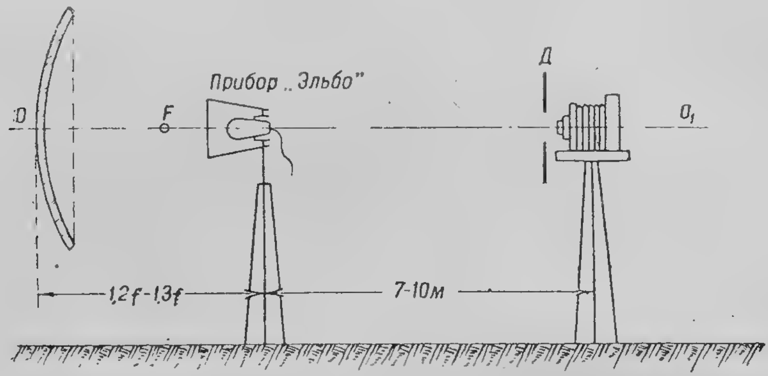
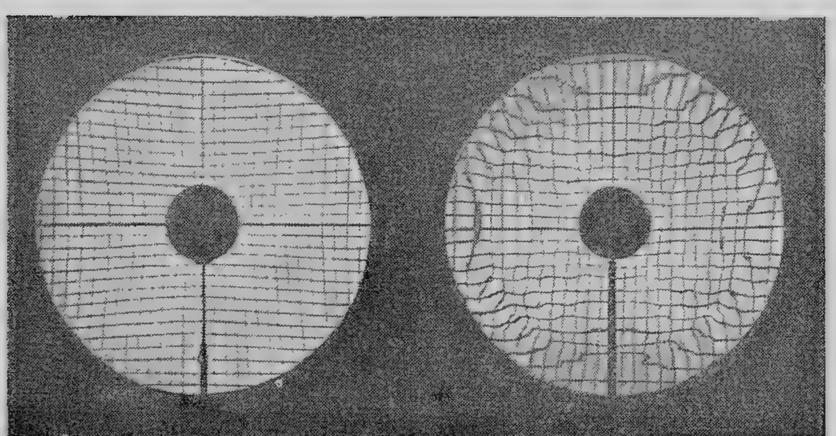


Рис. 22. Проверка качества обработки отражателя методом сетки „Эльбо“:

О—вершина отражателя; *F*— фокус отражателя; *Д*—диафрагма; $O - O_1$— оптическая ось



а б

Рис. 23. Фотография сеток двух отражателей:
а—хороший отражатель; *б*—дефектный отражатель

Аберрация отражателей. Кроме испытаний на качество обработки поверхностей, отражатель часто испытывают на качество зеркального слоя, измеряя коэфициент отражения отдельных

участков его поверхностей. Эти измерения принципиально можно произвести при помощи любого фотометра, но практически для этих целей чаще всего пользуются специальными приборами, которые называют рефлексометрами.

Наиболее важным этапом испытания отражателей является испытание их на аберрацию. В отношении параболических отражателей под аберрацией мы будем понимать отклонение фокусных расстояний отдельных элементов поверхности отражателя от номинального фокусного расстояния.

Номинальным фокусным расстоянием считается то фокусное расстояние, которое было принято за основу при проектировании отражателя и которое указано на фирменной марке отражателя. Таким образом, каждый элемент поверхности отражателя может иметь своё собственное фокусное расстояние, отличное от номинального, а следовательно, и свою особую фокальную точку.

Серия малых элементов, взятых на отражателе, на поверхности некоторой кольцевой зоны будет иметь некоторое среднее зональное фокусное расстояние, которое можно определить по формуле

$$f_{\text{ср. зон.}} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} f_i}{n}, \qquad (39)$$

где f_i — фокусное расстояние отдельных элементов поверхности;

n — число этих элементов.

По этой же формуле можно определить среднее фокусное расстояние всего отражателя, которое, однако, не будет являться тем фокусным расстоянием, на котором выгодно устанавливать источник света. Это наивыгоднейшее фокусное расстояние принято называть действительным фокусным расстоянием отражателя; его определяют, принимая во внимание свойства источника света, который будет установлен перед данным отражателем.

Различают продольную и поперечную аберрации отражателя, т. е. отклонения отдельных фокальных точек некоторых элементов или зон отражателя от некоторого среднего, номинального или действительного фокуса. Отклонения этих точек, измеренные вдоль по оптической оси, считаются продольной аберрацией. Абсолютное значение продольной аберрации может быть вычислено по формуле

$$\Delta f = f_{\text{действит.}} - f_i\text{, или } \Delta f = f_{\text{ср.}} - f_i\,. \qquad (40)$$

Отклонения фокальных точек оптической оси в некоторых плоскостях, перпендикулярных к последней, называют поперечной аберрацией. Понятием поперечной аберрации пользуются редко, так как удобнее пользоваться продольными от-

клонениями фокальных точек и проектировать отражённые лучи на оптическую ось.

Кроме указанных выше понятий, величины продольных аберраций выражают в угловых мерах, получая таким образом значение **угловой аберрации**, по формуле

$$\Delta\psi = 1{,}72\,\frac{\Delta f}{f}\sin\alpha\,(1+\cos\alpha)\cdot 10^3 = 3{,}44\,\frac{\Delta f R}{\rho^2}\,10^3 \text{ минут.} \quad (41)$$

Продольная аберрация параболических отражателей измеряется наиболее распространённым методом, который заключается в следующем. На отражатель MN (рис. 24) бросают узкий пучок света от коллиматора K, представляющего собой по существу миниатюрный прожектор, так как здесь световой поток некоторого малого источника света также перераспределяется в узкий пучок при помощи системы линз. Если узкий пучок света будет брошен на отражатель параллельно оптической оси последнего, то после отражения от отражателя этот пучок будет пересекать оптическую ось в точке фокуса того элемента, на поверхность которого упал указанный пучок света. Пользуясь этим положением, можно измерить фокусное расстояние любого элемента f_i. В частности, если измерить расстояния R_i; $2f = L$ и l_i — удаление от оси $O - O_1$ точки пересечения отражённым лучом оптической скамьи PQ, на которой размещается коллиматор K и экран D, то можно вычислить фокусное расстояние по формуле

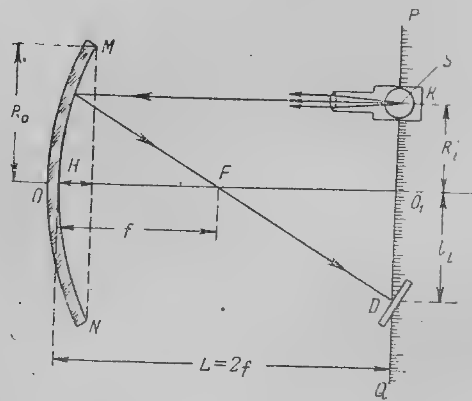


Рис. 24. Получение аберрограммы параболического отражателя

$$f_i = \frac{R_i L + R_i\sqrt{L^2 + l_i^2 + R_i l_i}}{2\,(l_i + R_i)}. \quad (42)$$

Зная значения зональных фокусных расстояний (не менее шести зон), можно построить кривые зависимости $f = \varphi(R)$, или $f = \varphi(\alpha)$, где α — угол светового отверстия зоны — может быть определен так:

$$\operatorname{tg}\alpha_{i/2} = \frac{R_i}{2f_{\text{ном}}}, \quad (43)$$

где $f_{\text{ном}}$ — номинальное (фирменное) фокусное расстояние.

Перемещая пучок света и посылая его на различные элементы поверхности отражателя или на различные его зоны, можно из-

мерить ряд значений f_i, по которым можно вычислить и $f_{действит.}$[1].

Существуют специальные устройства, при помощи которых можно сразу получить график аберрации отражателя на фотопластинке, как показано на рис. 25, где по оси абсцисс нанесён масштаб радиуса отражателя, а по оси ординат отложены отклонения фокусного расстояния от его номинального значения, равного $f_{ном} = 639$ *мм*. На рис. 25 видны две кривые аберрации (максимальной и минимальной), снятые при движении пучка

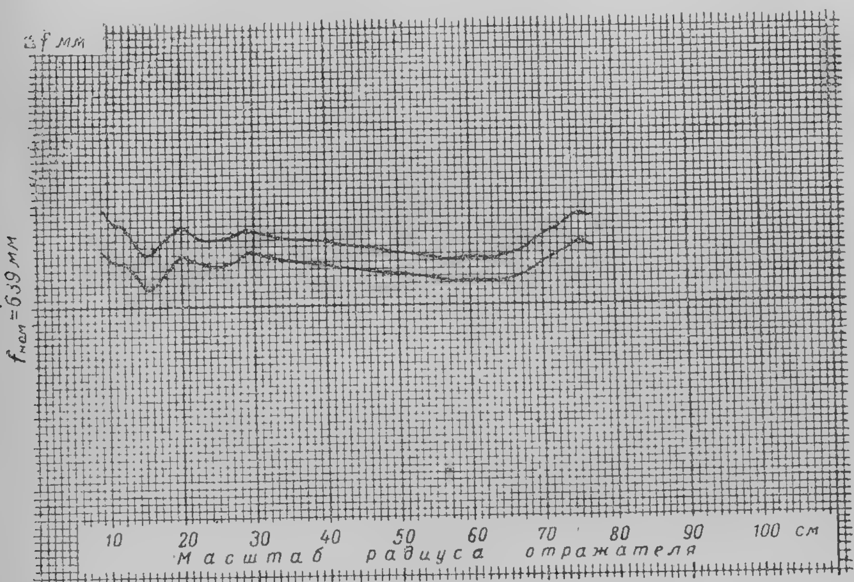


Рис. 25. Кривая аберрации отражателя, полученная на аберрографе (аберрограмма)

света в двух различных радиальных направлениях, от кромки до вершины отражателя. Разность аберраций, или расстояния между этими кривыми, носит название **астигматизма отражателя**. Приборы, позволяющие производить запись аберрограммы отражателя, называют **аберрографами**.

Фокусное расстояние отражателя практически можно измерить следующими простыми методами. Во-первых, можно на некотором расстоянии L от прожектора установить малую лампу накаливания (2,5—6 *в*) и получить её изображение вблизи фокальной точки отражателя. Если лампа будет расположена на

[1] Как вычислить действительное фокусное расстояние, на которое выгодно устанавливать данный источник света перед отражателем, будет указано на стр. 67.

оптической оси отражателя, то изображение лампы будет не в фокусе, а дальше от отражателя на величину δ, равную

$$\delta = \frac{\rho}{L - f}, \tag{44}$$

где ρ — радиус-вектор к кромке отражателя;

L — удаление источника света от отражателя.

Во-вторых, фокусное расстояние отражателя можно измерить путём собирания отражателем солнечных лучей и получения каустики в области, близкой к фокальной точке. Фокусное расстояние должно измеряться от вершины отражателя до наиболее узкой части горловины каустики (чтобы видеть эту горловину более отчётливо, следует в область каустики пустить дым, хотя бы от папиросы).

При всяких испытаниях и приёмке отражатель в первую очередь подвергается внешнему осмотру.

Внешний осмотр отражателей. Отражатель не должен иметь царапин на поверхностях, трещин на кромках и в теле и сколов на кромках. Кроме того, не должно быть свилей в толще стекла и крупных воздушных пузырьков или вкраплений посторонних частиц. Нужно тщательно осматривать отражатель — нет ли следов разложения, неполного прилипания или изменений нормального цвета амальгамы.

Как металлические, так и стеклянные отражатели корабельных прожекторов должны хорошо сопротивляться коррозии и потускнению от присутствия морской соли в воздухе и водяной пыли, от газов и дымов. Они должны выдерживать воздействие раскалённых частиц, которые могут отделяться от электродов дуги; не должны окисляться от теплового воздействия дуги, покрываться царапинами в результате протирки и деформироваться или разрушаться от ударов или сотрясений при орудийной стрельбе.

9. Защитные стёкла закрытых прожекторов

Плоские защитные стёкла. В передней части цилиндрического кожуха прожектора закрытого типа устанавливается защитное стекло. Оно может быть плоским или куполообразным. Прожекторы малых диаметров имеют цельное плоское или куполообразное защитное стекло толщиной 3—4 *мм*, закреплённое между двумя кольцами, с прокладкой из прессшпана, асбеста или войлока. Прожекторы средних и больших диаметров имеют плоское защитное стекло, собранное из отдельных пластин, или специальное куполообразное.

Пластинчатые стёкла применяются по следующим соображениям: во-первых, легче заменить одну или несколько пластин, так как комплект их может находиться в удобной упаковке среди запасных частей; во-вторых, вероятность разрушения вследствие неравномерности нагрева защитного стекла во

время работы меньше, так как отдельные пластины имеют возможность некоторого расширения за счёт зазоров.

Пластины могут быть сегментными или секторными. Секторные пластины удобнее, так как они все одинаковы и могут быть компактно размещены в запасных частях; кроме того, при разрушении одной или двух пластин они могут быть заменены любой запасной.

Потери на поглощение и рассеяние пластинчатым защитным стеклом больше, чем при сплошном стекле. Это объясняется преломлением и рассеянием света кромками соприкасающихся пластин, которые не могут быть пришлифованы одна к другой.

Коэфициент полезного действия или общий коэфициент пропускания светового потока защитным стеклом может быть определён по формуле

$$\eta = \frac{(1-\rho_1)^2 \tau^l}{1-\rho_1^2 \tau^{2l}}, \tag{45}$$

где ρ_1 — коэфициент френелевского отражения, который может быть принят равным 0,044;

τ — коэфициент прозрачности слоя стекла единичной толщины (например 1 *см*);

l — толщина стекла в *см*.

Полагая $\tau = 0{,}992$ и $l = 5$ *мм*, получим $\eta = 0{,}91$. Фактически величина η всегда меньше, так как стекло редко имеет $\tau = 0{,}992$, затем имеются потери на стыках пластин, кроме того, следует принимать во внимание загрязнение и пороки стекла.

Оказывается, что при равном числе секторных и сегментных пластин первые выгоднее и с точки зрения потерь светового потока на стыках пластин. В самом деле, при 12 секторных пластинах общая длина линий их соприкосновения будет равна шести диаметрам светового отверстия, а при 12 сегментных пластинах она составит более восьми диаметров.

Расчёт показывает, что 16 секторных пластин равноценны в этом отношении 10 сегментным; 12 секторных — 8 сегментным и т. д.

Куполообразные защитные стёкла. В тех случаях, когда прожектор должен работать в непосредственной близости к мощным артиллерийским установкам, плоские защитные стёкла закрытых прожекторов часто не выдерживают давления воздушной волны при выстреле и разрушаются. Чтобы избежать этого, применяют куполообразные сферические защитные стёкла [1]. Последние чаще всего бывают сплошными, но иногда и собранными из отдельных пластин. Образующие поверхности куполообразного защитного стекла получаются расчётом на основании следующих соображений. Во-первых, добиваются, чтобы изображение источника света, создаваемое внутренней поверхностью стекла, совме-

[1] Во второй части книги будут указаны другие, чисто конструктивные меры борьбы с разрушением защитных стёкол закрытых корабельных прожекторов.

щалось с самим источником света или с фокусом параболического отражателя. Таким образом, кривизну внутренней сферической поверхности подбирают так, чтобы полученное вследствие отражения от неё ($\rho_1 = 0{,}044$) изображение источника света на расстоянии, равном $0{,}5\,R_1$, поместилось в фокусе параболического отражателя. Из этого условия находят радиус кривизны внутренней поверхности R_1. Во-вторых, добиваются, чтобы лучи, проходящие через такое защитное стекло, не получали дополнительного рассеяния и не отклонялись от оптической оси отражателя. Для выполнения этого условия необходимо иметь определённое смещение центров двух поверхностей защитного стекла. Это смещение и другие параметры купола можно найти следующим образом. На рис. 26 показано сечение куполообразного сферического защитного стекла плоскостью, проходящей через совмещённую оптическую ось отражателя и купола. Фигуру ABC, ввиду малости участка кривой между двумя нормалями N_B и N_A, можно принять за прямоугольный треугольник. Пусть L — длина пути луча в толще стекла от A до B; T_α — толщина стекла по нормали в точке B выхода луча под углом $\alpha = \alpha_1 = \alpha_2$:

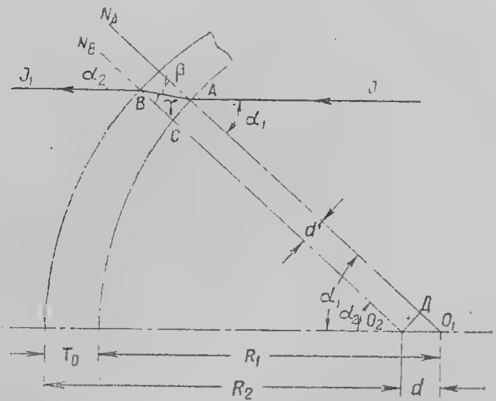


Рис. 26. К расчёту куполообразного защитного стекла

$$T_\alpha = L\cos\gamma = L\cos\beta\,, \tag{46}$$

тогда

$$L = T\sec\beta.$$

Из того же треугольника ABC получаем $AC = d'$ = расстоянию между двумя параллельными нормалями, притом же

$$AC = d' = T_\alpha \operatorname{tg}\beta\,. \tag{47}$$

Тогда центры кривизны отстоят один от другого на расстоянии

$$d = \frac{d'}{\sin\alpha} = T_\alpha\,\frac{\sin\beta}{\sin\alpha\cos\beta} = \frac{T_\alpha}{n\cos\beta} = \frac{T_\alpha}{\sqrt{n^2 - \sin^2\alpha}}\,. \tag{48}$$

Принимая фигуру $ACO_2Д$ за прямоугольник, получаем

$$R_2 - T_\alpha = R_1 - d\cos\alpha\,;$$

откуда

$$R_2 = R_1 + T_\alpha - d\cos\alpha\,, \tag{49}$$

или, после подстановки (48), имеем

$$R_2 = R_1 + T_\alpha \left[1 - \frac{\cos\alpha}{\sqrt{n^2 - \sin^2\alpha}} \right]. \tag{50}$$

Толщина защитного стекла в центре T будет равна:

$$T_0 = R_2 - R_1 + d = T_\alpha \left[1 + \frac{1 - \cos\alpha}{\sqrt{n^2 - \sin^2\alpha}} \right]. \tag{51}$$

Из последнего выражения видно, что толщина стекла по нормали уменьшается по мере увеличения угла α, и таким образом защитное стекло на своей кромке будет иметь меньшую толщину, чем в центре. Это соображение следует принимать во внимание при определении механической прочности такого защитного стекла.

10. Другие оптические детали корабельных прожекторов

Контротражатели. В некоторых случаях для увеличения габаритной яркости ламп накаливания применяют так называемые контротражатели, т. е., кроме основного отражателя прожектора, между защитным стеклом и колбой лампы устанавливают малый сферический отражатель так, чтобы образованное им изображение источника света (спиралей лампы) было совмещено с самим источником, например, заполняло промежутки между спиралями лампы.

В качестве контротражателя удобнее всего брать именно сферический отражатель, так как он достаточно прост в изготовлении и даёт изображение источника, совмещённое с самим источником, находящимся от вершины на расстоянии, равном радиусу кривизны зеркала.

Иногда, вместо специального контротражателя в виде сферического зеркала, часть шаровой колбы лампы накаливания покрывают отражающим слоем, и эта часть колбы работает как контротражатель.

Вопрос о выгодности применения контротражателя в прожекторах с лампами накаливания будет рассмотрен ниже.

Рассеиватели. Иногда на световое отверстие прожектора вместо защитного стекла устанавливают рассеивающую раму (рассеиватель) для увеличения угла рассеяния луча прожектора, чтобы осветить более широкий участок. В рассеивающую раму могут быть собраны специальные рассеивающие линзы и призмы, причём их параметры, форма и закономерность размещения в раме могут быть весьма разнообразными в зависимости от тех требований, которые предъявляются к рассеянному лучу прожектора.

На практике наиболее часто встречаются рассеиватели, собранные из плосковыпуклых или двояковыпуклых цилиндрических линз. На рис. 27 представлена плосковыпуклая цилиндрическая

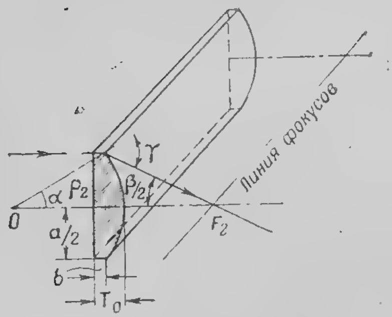


Рис. 27. Плосковыпуклая цилиндрическая линза для рассеивателя

линза, которая имеет толщину в центре T_0 и радиус кривизны цилиндрической поверхности ρ_2 $(\rho_1 = \infty)$.

Выведем формулу радиуса кривизны ρ_2 и определим другие параметры линзы. Согласно рис. 27, имеем

$$\sin\gamma = \sin(\alpha + \beta/_2) = n\sin\alpha,$$

где n — показатель преломления стекла;

$$\sin\beta/_2\cos\alpha + \cos\beta/_2\sin\alpha = n\sin\alpha;$$

но, принимая во внимание, что

$$\sin\alpha = \frac{a}{2\rho_2} \quad \text{и} \quad \cos\alpha = \sqrt{1 - \frac{a^2}{4\rho_2^2}} = \frac{1}{2\rho_2}\sqrt{4\rho_2^2 - a^2},$$

после подстановки получаем

$$\sin\beta/_2\sqrt{4\rho_2^2 - a^2} + a\cos\beta/_2 = na.$$

Решая последнее уравнение относительно ρ_2, получаем

$$\rho_2 = \frac{a}{2\sin\beta/_2}\sqrt{n^2 + 1 - 2n\cos\beta/_2}. \qquad (52)$$

Уравнение (52) и даёт зависимость радиуса кривизны цилиндрической поверхности от ширины линзы a, которая выбирается хотя бы на основании тех соображений, что число линз в раме должно быть целое, чётное; угол $\beta/_2$ является углом дополнительного рассеяния и, очевидно, при расчёте линзы известен.

Толщина стекла в центре линзы, согласно рис. 27, будет:

$$T_0 - b = \rho_2 - {}^1/_2\sqrt{4\rho_2^2 - a^2},$$

или

$$T_0 = \rho_2 - {}^1/_2\sqrt{4\rho_2^2 - a^2} + b. \qquad (53)$$

Толщина плоскопараллельной части линзы b выбирается из условий механической прочности линзы; практически она изменяется от 2 до 5 *мм*.

Следует иметь в виду, что всякий рассеиватель поглощает большее количество светового потока, чем защитное стекло. Так как толщина стекла рассеивателя в среднем больше и количество линз рассеивателя больше количества пластин защитного стекла, следовательно, большее рассеяние светового потока получается на линиях соприкосновения линз.

Кроме применения рассеивателей, существует ещё один способ получения рассеянного луча, заключающийся в следующем. Нор-

мальный параболический отражатель разрезается на отдельные секторы или сегменты, причём эти последние ставятся в оправу так, что они составляют в целом как бы сплошной отражатель, но вместе с тем они имеют возможность перемещаться так, что оптическая ось каждого из этих элементов поворачивается на некоторый угол, причём центром поворота всех элементов является общая точка фокуса данного отражателя.

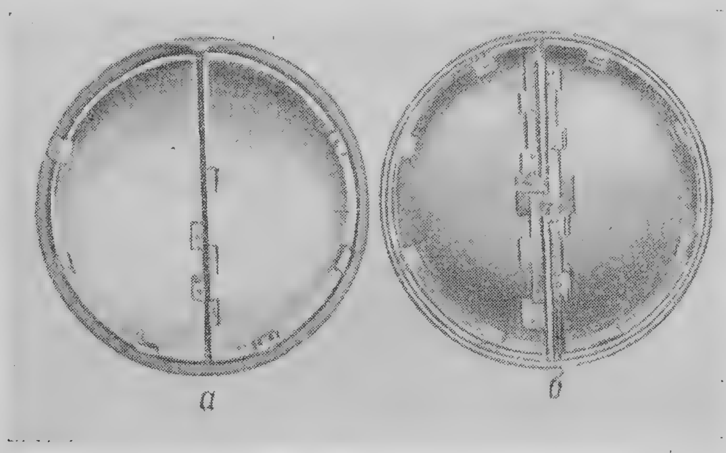


Рис. 28. Рама с разрезанным отражателем:
а—вид спереди; *б*— вид сзади

Например, иногда изготовляются отражатели, разрезанные на две половины (рис. 28) и заключённые в специальную раму. Прожекторы с такими отражателями используются для навигационных целей на кораблях речного флота и кораблях, курсирующих по каналам. От одного прожектора двумя лучами освещаются бакены и вехи, расположенные у двух берегов реки или канала, что позволяет точно держать курс в ночное время.

В настоящее время применяются прожекторы с разрезанными отражателями, обеспечивающие самые различные сочетания световых пучков (горизонтальный или вертикальный веер, трапеция, треугольник и т. п.).

Глава III

СВОЙСТВА ЛУЧА ПРОЖЕКТОРА

11. Световой поток прожектора

Коэфициент использования светового потока. На параболический отражатель падает некоторая часть светового потока источника света. Величина этого падающего потока зависит от свойств источника света и главным образом от кривой распределения силы света источника или от его яркостной характеристики. Кроме того, величина потока зависит от параметров отражателя и главным образом от величины телесного угла светового отверстия отражателя, в пределах которого отражателем захватывается световой поток источника.

Световой поток, упавший на отражатель, перераспределяется и, отражаясь, отходит от отражателя в некотором малом телесном угле рассеяния. При отражении светового потока, падающего на отражатель, и вообще при перераспределении светового потока источника света в прожекторе неизбежны некоторые потери.

Все количественные соотношения между полезным световым потоком и потерями потока на различных этапах образования луча прожектора можно назвать световым балансом прожектора. В самом деле, если взять прожектор с дугой повышенной яркости или прожектор с лампой накаливания, то в обоих случаях можно заметить, что далеко не весь световой поток источником света излучается в направлении на отражатель, некоторая часть потока не используется и не перераспределяется оптикой. В связи с этим вводится понятие коэфициента использования светового потока источника света в прожекторе, как отношение

$$\eta_{исп} = \frac{\Phi_\alpha}{\Phi_0}, \tag{54}$$

где Φ_α — световой поток, падающий на отражатель;

Φ_0 — полный световой поток источника света.

Коэфициент использования $\eta_{исп}$ всегда меньше единицы и для источника света равномерной яркости легко может быть определён аналитически.

На рис. 29 и 30 схематически представлены основные этапы перераспределения светового потока в прожекторе и указаны сопряжённые с этим потери.

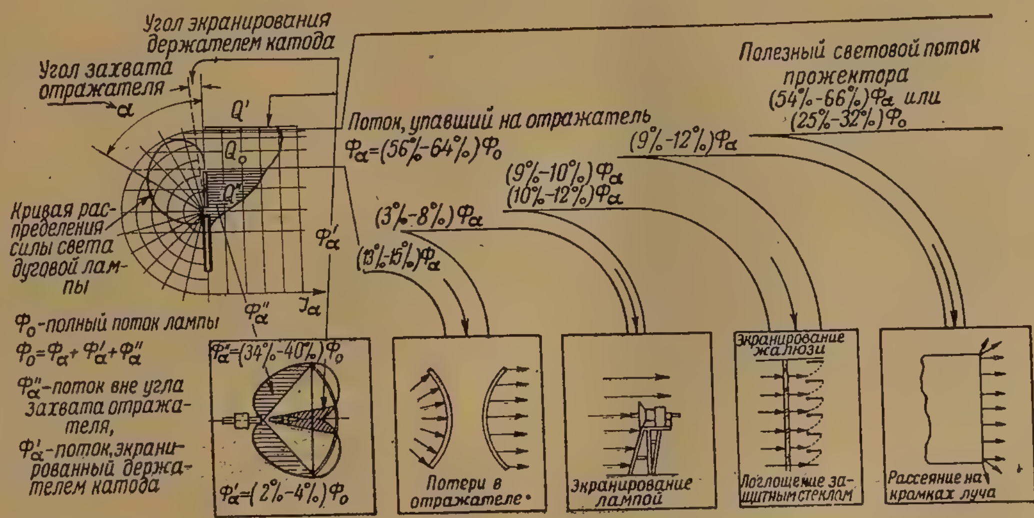


Рис. 29. Световой баланс прожектора с дугой повышенной яркости

Оказывается, что в прожекторе с дугой повышенной яркости (см. рис. 29) световой поток, падающий на отражатель, составляет лишь 56—64% полного светового потока, излучаемого дугой, так как остальной поток излучается вне пределов телесного угла захвата отражателя ($\Phi''_\alpha = 34 - 40\%$) и экранируется держателем катода дуговой лампы. Далее, на рис. 29 показаны потери светового потока в отражателе; потери на экранирование отражённого потока деталями лампы, потери на поглощение

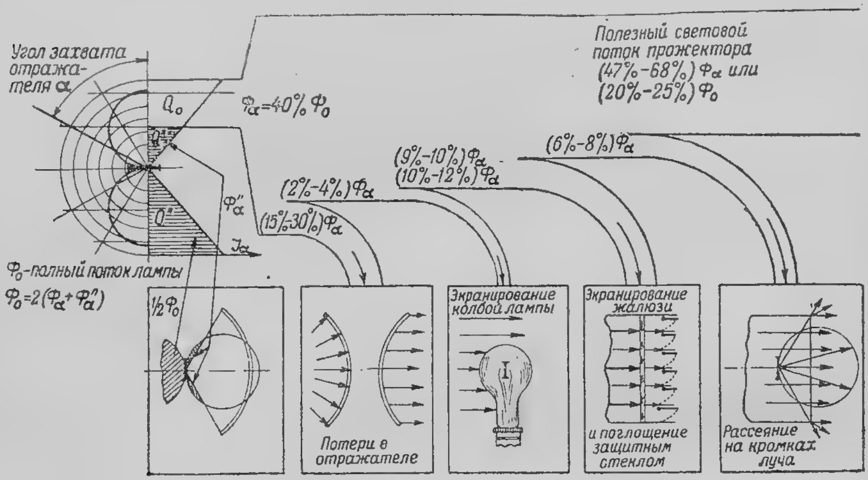


Рис. 30. Световой баланс прожектора с лампой накаливания

и рассеяние в защитном стекле и жалюзи и, наконец, потери на рассеяние на кромках луча. Полезный световой поток прожектора составляет лишь 54% упавшего на отражатель и только 32% полного светового потока лампы.

В прожекторе с лампой накаливания (см. рис. 30) также низкий коэфициент использования светового потока, так как накаливаемые спирали образуют двухсторонний диск равномерной яркости и на отражатель (не глубокий) упадёт около 40% светового потока лампы. Здесь также имеют место потери в отражателе, экранирование потока колбой и другими частями лампы, потери в защитном стекле и жалюзи и потери на кромках луча. Полезный световой поток прожектора здесь будет составлять только 42% потока, упавшего на отражатель, и 25% полного потока лампы.

Таким образом, всякий прожектор обладает довольно невысоким световым коэфициентом полезного действия. Величина этого коэфициента, при приближённом учёте основных потерь светового потока, может быть вычислена по формуле

$$\eta = K'_{эк} \rho K''_{эк} \tau, \tag{55}$$

где $K'_{эк}$ — коэфициент экранирования светового потока, падающего на отражатель (у закрытого дугового прожектора он может считаться равным 0,97);

ρ — коэфициент отражения отражателя, равный 0,85;

$K''_{эк}$ — коэфициент экранирования светового потока, отражённого от отражателя (может быть принят равным 0,94);

τ — коэфициент пропускания защитного стекла, равный 0,9.

Общая величина η при таких значениях коэфициентов будет равна 0,70 по отношению к световому потоку, упавшему на отражатель.

Величину светового потока, падающего на отражатель, можно определить по кривой распределения силы света дуговой лампы (см. рис. 14) по формуле

$$\Phi'_\alpha = \frac{2\pi}{57{,}28}\,\Delta\alpha \sum_{\alpha=\alpha_1}^{\alpha=\alpha_2} I_\alpha \sin\alpha\,, \tag{56}$$

где $\Delta\alpha$ — интервалы углов, через которые следует взять значение сил света дуговой лампы (чаще всего принимают $\Delta\alpha = 10^\circ$);

I_α — значения силы света дуговой лампы, взятые через интервалы $\Delta\alpha$ одно от другого;

Σ — знак суммы, обозначающий, что надо взять ряд произведений $I_\alpha \sin\alpha$, а затем сложить их и умножить на

$$\frac{2\pi\cdot 10}{57{,}28}.$$

Если в прожекторе в качестве источника света установлен шар равномерной яркости (которому можно уподобить нить некоторых ламп накаливания), тогда световой поток, падающий на отражатель, будет

$$\Phi_\alpha = 2\pi\delta B_0(\cos\alpha_1 - \cos\alpha_2)\,, \tag{57}$$

где $\delta = \pi r^2$, а r — радиус шарового источника;

B_0 — яркость источника.

При дисковом источнике равномерной яркости падающий на отражатель световой поток будет

$$\Phi_\alpha = \pi\delta B_0(\sin^2\alpha_2 - \sin^2\alpha_1)\,. \tag{58}$$

Если источник света цилиндрической формы и расположен вдоль по оптической оси, то падающий световой поток будет

$$\Phi_\alpha = \pi\delta B_0\left[{}^1/_2(\sin 2\alpha_1 - \sin 2\alpha_2) + \frac{\pi}{180}(\alpha_2 - \alpha_1)\right]. \tag{59}$$

Во всех формулах для падающего на отражатель светового потока α_1 является начальным углом светового отверстия, отсчитываемым от оптической оси. Если отражатель не имеет вы-

реза в центре или „слепого пятна“, то следует положить угол $\alpha_1 = 0$, и формула упростится.

Приведённые формулы позволяют вычислить значение коэфициента использования светового потока источника света в прожекторе, если полный световой поток источника Φ_0 известен. Световой поток прожектора может быть измерен только в лабораторных условиях, при помощи шарового фотометра соответствующих размеров. При этих же измерениях можно определить все коэфициенты потерь светового потока в прожекторе.

12. Сила света прожектора

Формула Манжена. В теории прожекторов важнейшее значение имеет формула Манжена [1], устанавливающая связь между силой света прожектора, яркостью источника света и действующей площадью светового отверстия оптической системы. Заметим, что формула Манжена легко может быть выведена для случая любой светооптической системы, т. е. при произвольно взятых источнике света и оптической системе. Для нас наибольший интерес представляет вывод этой формулы для параболического отражателя, поэтому и приведём его полностью.

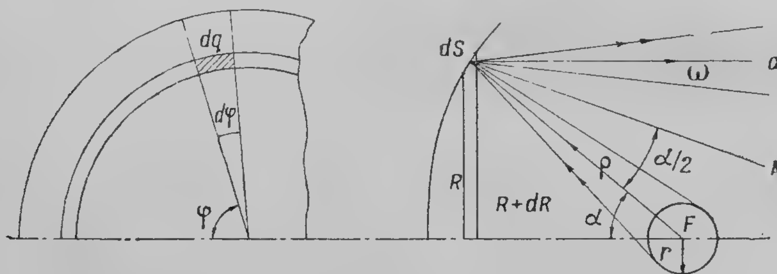


Рис. 31. К выводу формулы Манжена

Пусть в фокусе параболического отражателя (рис. 31) помещён источник света конечных размеров. Возьмём некоторый элемент поверхности отражателя dS, расположенный на расстоянии R от оптической оси; тогда, очевидно, площадь проекции этого элемента d^2q на фокальную плоскость отражателя или на некоторую другую плоскость, нормальную к оптической оси, может быть определена из выражения

$$d^2q = Rd\varphi\, dR, \qquad (60)$$

где $d\varphi$ — некоторый малый угол, лежащий на плоскости светового отверстия.

---

[1] В прожекторной технике эту формулу принято называть формулой Манжена потому, что ею впервые воспользовался полковник французской армии А. Манжен для вычисления силы света прожекторов (1876 г.).

Известно, что поток, отражённый от элемента поверхности отражателя, будет

$$d\Phi_\omega = \eta\, d\Phi_\alpha\,. \tag{61}$$

Тогда сила света, развиваемая данным элементом поверхности отражателя dS, определяется как

$$dI = \frac{d\Phi_\omega}{\omega} = \frac{\eta\, d\Phi_\alpha}{\omega}\,, \tag{62}$$

где ω — телесный угол, в котором усматривается источник света конечных размеров из элемента dS отражателя.

Этот угол будет

$$\omega = \frac{\delta_\alpha}{\rho^2_\alpha}\,, \tag{63}$$

где δ_α — видимая площадь проекции источника света по направлению α;

ρ_α — радиус-вектор к элементу dS.

Иначе, световой поток, падающий на данный элемент dS, можно определить через освещённость E элемента, т. е.

$$d\Phi_\alpha = EdS = \frac{I_\alpha}{\rho^2_\alpha}\cos\alpha/_2\, dS, \tag{64}$$

где I_α — сила света источника по направлению α.

Так как отражённые лучи образуют с нормалью те же углы, что и падающие, а центральный из них образует угол $\alpha/_2$, поэтому проекция dS на световое отверстие может быть выражена через d^2q так:

$$dS\cos\alpha/_2 = d^2q. \tag{65}$$

Кроме того, яркость источника света в данном направлении B_α равна

$$B_\alpha = \frac{I_\alpha}{\delta_\alpha}\,. \tag{66}$$

Поэтому, делая подстановки в уравнение (62), получим

$$dI = \eta\, B_\alpha\, d^2q. \tag{67}$$

Это выражение и представляет собой формулу Манжена в элементарной форме.

Если предположить, что яркость источника света постоянна в направлении всех элементов dS, расположенных на одной элементарной кольцевой зоне отражателя, при всех значениях угла φ от 0 до 2π, то представится возможным определить силу света от элементарной зоны отражателя.

Для этого необходимо суммировать силы света от всех элементарных площадок, заключённых между радиусами R и $R + dR$:

$$dI_{\text{зоны}} = \int\limits_0^{2\pi} \eta B'_\alpha\, d^2q = \eta\, B'_\alpha\, RdR \int\limits_0^{2\pi} d\varphi = 2\pi\eta\, B'_\alpha RdR. \tag{68}$$

Когда размеры зоны параболического отражателя конечны и необходимо определить конечную величину силы света, излучаемую зоной, тогда, заменив $R = 2f \operatorname{tg} {}^{\alpha}/_{2}$ и произведя интегрирование, получим

$$I_{\text{зоны}} = 4\pi f^2 \eta B'_\alpha \int\limits_{\alpha_1}^{\alpha_2} \operatorname{tg} {}^{\alpha}/_{2}\, d \operatorname{tg} {}^{\alpha}/_{2} =$$

$$= 4\pi f^2 \eta B'_\alpha \left(\operatorname{tg}^2 {}^{\alpha_2}/_{2} - \operatorname{tg}^2 {}^{\alpha_1}/_{2}\right) = \pi\eta B'_\alpha (R^2_2 - R^2_1). \tag{69}$$

Если предположить, что источник света имеет равномерную яркость в направлении всех зон отражателя, тогда сила света прожектора может быть определена из уравнения (68) как

$$I_{\text{пр}} = 2\pi\eta B_0 \int\limits_0^R R dR = \eta B_0 \pi R^2 = \eta B_0 Q, \tag{70}$$

где $Q = \pi \cdot R^2$ равно действующей площади светового отверстия прожектора.

Следствия формулы Манжена. Таким образом, мы получили совершенно однотипные выражения для силы света, развиваемой элементарным участком поверхности отражателя, элементарной зоной отражателя, конечной зоной отражателя и всем отражателем.

Из формулы Манжена следует, во-первых, что силу света всякого прожектора можно увеличить только за счёт увеличения сомножителей, входящих в правую часть равенств (67), (68), (69) и (70), т. е. коэфициента полезного действия η, яркости и действующей площади оптики.

Во-вторых, под величиной площади оптики следует понимать площадь, действующую в данном направлении, и если рассматривать какое-нибудь направление вне пределов основного конуса, то сила света по этому направлению может считаться равной нулю.

Понимая под Q площадь оптики, действующей в данном направлении, легко понять, почему именно формула Манжена справедлива для всех прожекторов и проекционных аппаратов, снабжённых любой оптикой и любым источником света. В самом деле, оптическая система прожектора даёт изображение источника света, яркость которого по закону сохранения энергии меньше яркости самого источника. Если обе части равенства (70) разделить на Q, то получим

$$\frac{I_{\text{пр}}}{Q} = B_{\text{изобр}} = \eta B_{\text{ист}}. \tag{71}$$

В левой части равенства (71) оказалась яркость изображения источника света, полученного при помощи оптики прожектора, на некотором расстоянии от последнего.

И, наконец, в-третьих, следует иметь в виду, что сила света прожектора наиболее точно определяется по формуле Манжена. Другие выражения для силы света прожектора, например в виде

$$I_{\text{пр}} = \eta I_{\text{ист}} \frac{D^2}{d^2} = \eta I_{\text{ист}} \frac{\Omega}{\omega}, \tag{72}$$

где $I_{ист}$ — сила света источника;
D — диаметр отражателя;
d — диаметр источника света;
Ω — телесный угол захвата светового потока отражателем;
ω — телесный угол рассеивания луча прожектора,
являются грубо приближёнными и могут быть получены из формулы Манжена.

Весьма важно знать, что формула (70) в конечном счёте даёт значение осевой силы света прожектора, т. е. силы света по направлению оси луча, которая часто совпадает с оптической осью отражателя.

Для прожектора с дугой повышенной яркости, когда яркость кратера анода неравномерна, уравнение (70) можно также использовать для вычисления лишь осевой силы света, причём следует вместо B_0 брать B_{max}, т. е. максимальную яркость кратера.

13. Геометрическая структура луча прожектора

Элементарное изображение источника. Каждый малый элемент поверхности параболического отражателя излучает в поле световой поток в таком телесном угле, в пределах которого из данного элемента усматривается источник света. Другими словами, каждый элемент поверхности отражателя даст изображение источника света постоянной угловой ширины.

Если выделить отдельный элемент на некоторой зоне отражателя, то можно наблюдать элементарное изображение источника света от этого элемента на любых расстояниях от прожектора. То же можно сказать и применительно к элементарной зоне, так как и в этом случае мы получим элементарное изображение источника света, состоящее из суммы наложившихся одно на другое изображений от отдельных малых элементов, образующих эту зону. Изображение источника света от всего отражателя можно рассматривать состоящим из наложенных одно на другое изображений источника от элементарных концентрических зон отражателя.

Угловая ширина элементарных изображений источника света от отдельных элементов поверхности отражателя будет определяться на основании следующих геометрических соотношений.

Если источник света имеет сферическую форму (рис. 32, *а*), то угловая ширина изображения будет

$$\sin\beta = \frac{r}{\rho}, \text{ или } \beta = \frac{57,28\cdot 60r}{2f}(1+\cos\alpha) \text{ минут,} \qquad (73)$$

где r — радиус сферического источника;
ρ — радиус-вектор, проведённый из фокуса к изучаемому элементу отражателя;
α — угол между радиусом-вектором и оптической осью отражателя;
f — фокусное расстояние отражателя.

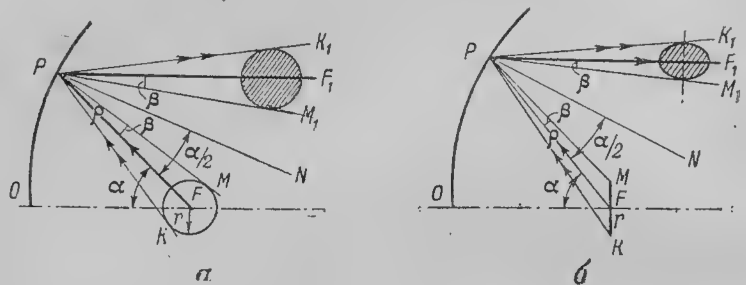
Если источник света представляет собой круглый диск радиуса r, то угловая ширина элементарных изображений не будет одинакова для двух взаимно перпендикулярных направлений и будет для одного из них определяться по выражению (73), а для другого, согласно рис. 32, *б*, по выражению

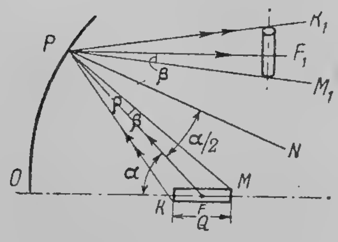
$$\operatorname{tg}\beta = \frac{r\cos\alpha}{\rho}, \text{ или } \beta = \frac{57{,}28\cdot 60 r\cos\alpha}{2f}(1+\cos\alpha) \text{ минут.} \quad (74)$$

При цилиндрическом источнике света, расположенном вдоль по оптической оси отражателя, угловая ширина изображения, согласно рис. 32, *в*, будет

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{a\sin\alpha}{2\rho}, \text{ или } \beta = \frac{57{,}28\cdot 60\, a\sin\alpha}{4f}(1+\cos\alpha) \text{ минут,} \quad (75)$$

где $a/_2$ — половина длины цилиндрического источника.





в

Рис. 32. Элементарное изображение сферического источника (*а*), дискового источника (*б*) и цилиндрического источника (*в*).

Из приведённых выражений видно, что угловая ширина элементарных изображений прямо пропорциональна радиусу источника света и обратно пропорциональна радиусу-вектору. Форма элементарных изображений зависит от формы источника света, и, очевидно, распределение яркости в плоскости элементарного изображения подобно распределению яркости на части поверхности источника, видимой из данного элемента отражателя.

Дистанция геометрического оформления луча. По мере удаления от прожектора элементарные изображения источника света, создаваемые различными участками поверхности отражателя, пересекают его оптическую ось и частично совмещаются, образуя общее изображение источника от некоторой кольцевой зоны отражателя или от всего отражателя в целом.

Для элементов одной и той же кольцевой зоны отражателя, положение которой определяется её средним радиусом R и глубиной H, расстояние L_0, на котором элементарные изображения пересекут оптическую ось и начнут совмещаться, носит название дистанции геометрического оформления. Согласно рис. 33, это расстояние L_0 можно определить по формуле

$$L_0 = R \operatorname{ctg} \beta + H, \tag{76}$$

где β — угловая ширина элементарного изображения источника света.

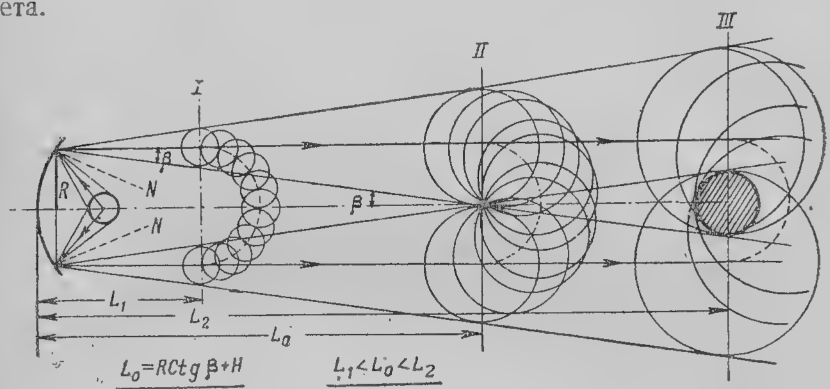


Рис. 33. Дистанция геометрического оформления

Подставляя вместо $\operatorname{ctg} \beta$[1] в формулу (76) его значение из формул (73), (74) и (75), можно путём простых преобразований получить особые выражения для дистанции геометрического оформления в случае сферического, дискового или цилиндрического источника света.

Так как в основном расстояние L_0 определяется величиной первого члена $R \operatorname{ctg} \beta$, то часто значением H пренебрегают; кроме того, вводят некоторые упрощения в выражение $\operatorname{ctg} \beta$ и получают приближённые формулы для определения дистанции L_0. Эти приближённые формулы будут:

для сферического источника

$$L_0 = \frac{R}{r \sin \alpha}; \tag{77}$$

для дискового источника

$$L_0 = \frac{R^2}{r \sin \alpha \cos \alpha}; \tag{78}$$

для цилиндрического источника

$$L_0 = \frac{2}{a} (f + H)^2. \tag{79}$$

[1] При малых углах $\sin \beta = \operatorname{tg} \beta$; $\sin 10' = \operatorname{tg} 10' = 0{,}00291$; $\sin 10 = \operatorname{tg} 10 = 0{,}0174$, причём $\sin \beta = \sin 10' \cdot \beta$.

Для крайней зоны отражателя дистанция L_0 будет наибольшей, и, очевидно, она будет тем больше, чем меньше источник света и чем больше диаметр отражателя.

По мере удаления от прожектора вдоль по его оптической оси, мы можем наблюдать, как всё большее и большее количество элементарных изображений совмещается на оптической оси. Наблюдая отражатель, можно видеть, как сначала, в небольшом удалении, лишь его центральная часть кажется светящейся, затем она расширяется и расширяется, и на расстоянии L_0, равном дистанции геометрического оформления крайней зоны отражателя, весь отражатель кажется светящимся. Это указывает на то, что по мере удаления от прожектора до расстояния L_0 действующая площадь оптики всё увеличивается, а это вызывает соответствующее увеличение силы света прожектора, и она действительно достигает своего максимального значения на оптической оси только за дистанцией L_0.

Что касается точек, удалённых от оптической оси на некоторое расстояние, то здесь сила света будет иметь наибольшее значение только в том случае, если эти точки находятся на изображении источника света от всего отражателя. Область сформировавшегося изображения источника света от всего отражателя носит название о б л а с т и о б р а т н ы х к в а д р а т о в, так как здесь, при постоянном значении силы света, освещённость какого-либо предмета будет убывать при его удалении от прожектора обратно пропорционально квадрату расстояния. Угловая ширина области обратных квадратов определяется по формулам (73)—(75), если в них подставить максимальное значение угла α.

Линейную ширину области обратных квадратов, т. е. диаметр изображения источника света от всего отражателя, можно определить по формуле

$$W = 2\,(L - L_0)\,\mathrm{tg}\,\beta_{min}, \qquad (80)$$

где L — удаление от прожектора, на котором определяется диаметр изображения;

L_0 — дистанция геометрического оформления для кромки отражателя;

β — минимальная угловая ширина элементарного изображения от кромки отражателя.

Полная угловая ширина луча прожектора или полный угол рассеяния (от одной кромки луча до другой), как показывает опыт, следует вычислять по формуле

$$\Delta = 2\,\beta_{cp} = \beta_{max} + \beta_{min}, \qquad (81)$$

где β_{cp} — средний угол рассеяния по одну сторону от оптической оси, равный $\beta_{cp} = \frac{\beta_{max} + \beta_{min}}{2}$;

β_{max} и β_{min} — максимальное и минимальное значения угловой ширины элементарных изображений, вычисленные по формулам (73), (74) и (75).

Основной практический вывод, который следует сделать из рассуждений о геометрической структуре луча прожектора, заключается в следующем. Сила света прожектора приобретает своё максимальное значение лишь на некотором удалении от прожектора, большем, чем расстояние L_0, для точки, взятой на оптической оси, и значительно большем, чем L_0, для точек, взятых на некотором удалении от оси луча, равном $\frac{W}{2}$. На основании этого положения приходится при измерении силы света прожектора или при получении кривой распределения силы света в узком коническом луче отходить от прожектора на расстояние в 6 или 10 раз большее, чем L_0.

Метод исследования структуры прожекторного луча путём дробления его на систему элементарных изображений источника света позволяет легко и наглядно изучать все основные свойства прожектора.

14. Свойства дефокусированного прожектора

Допустимые пределы дефокусировки. Если источник света будет смещён из фокальной области на то или иное расстояние, прожектор будет дефокусирован. Следует различать два основных случая дефокусировки:

1) когда источник света смещается вдоль по оптической оси отражателя — аксиальная дефокусировка;

2) когда источник света получает внеосевое смещение — внеосевая дефокусировка.

Аксиальная дефокусировка может быть положительной, когда источник света смещается, удаляясь от отражателя, и отрицательной, когда он приближается к отражателю.

Внеосевая дефокусировка может быть выполнена так, что источник света будет смещён только в фокальной плоскости отражателя, или же так, что будет одновременно смещён с оси и вдоль её направления.

Во всех этих случаях луч прожектора изменяет свои свойства, и чтобы проследить эти изменения, удобнее всего воспользоваться методом построения элементарных изображений источника света и принципом исследования размеров действующей площади оптики.

На практике наиболее часто приходится встречаться с аксиальной дефокусировкой (расширение луча с целью освещения более широкого участка или образования шейки в луче с целью введения в заблуждение удалённого наблюдателя относительно истинного расположения прожектора). Поэтому остановимся более подробно на свойствах луча прожектора, имеющего аксиальную дефокусировку.

Когда источник света смещён из фокальной области вдоль по оптической оси к отражателю на величину отрезка Δf, каждое элементарное изображение от любого элемента поверхности отражателя отклоняется от параллельности с оптической осью и удаляется от неё. В результате этого весь прожекторный луч будет шире; изображения источника света от отдельных кольцевых зон отражателя и от всего отражателя в целом будут менее резкими. Обращаясь к рис. 33, можно заметить, что дистанция геометрического оформления изображения источника будет больше и больше, область обратных квадратов будет при приближении источника к отражателю всё более и более узкой, и возможен такой случай, что для некоторой зоны дистанция оформления будет равна бесконечности, а области обратных квадратов не будет вообще.

Когда источник света смещается вдоль по оптической оси от отражателя ($+\Delta f$), каждое элементарное изображение отклоняется от параллельности с оптической осью, приближаясь к последней. В результате такой дефокусировки изображения источника света от отдельных зон отражателя или от всего отражателя в целом формируются раньше, т. е. ближе к прожектору, и в луче образуется шейка, или перехват, представляющий собой ранее сформировавшееся изображение источника.

При смещении источника света к отражателю световой поток прожектора несколько увеличивается, при удалении от отражателя — уменьшается.

При дефокусировке любого источника света по оптической оси от отражателя ($+\Delta f$) или к отражателю ($-\Delta f$) будет иметь место отклонение осей элементарных изображений от оптической оси или к ней на величину угла

$$\beta' = \frac{57{,}28\cdot 60\Delta f \sin\alpha}{2f}(1+\cos\alpha). \qquad (82)$$

Это выражение аналогично (74) и имеет максимальное значение при угле $\alpha = 60°$.

Если правую часть равенства (82) поочерёдно приравнять правой части равенств (73), (74) и (75), полагая $\alpha = \alpha_{max}$, а затем решить относительно Δf, то получим величину допустимого смещения данного источника света из фокуса вдоль по оптической оси без снижения осевой силы света прожектора. Поступая таким образом, получим равенства:

для сферического источника

$$\pm\Delta f = \frac{r}{\sin\alpha}; \qquad (83)$$

для дискового источника

$$\pm\Delta f = r\,\mathrm{ctg}\,\alpha; \qquad (84)$$

для цилиндрического источника

$$\pm\Delta f = \frac{a}{2}. \qquad (85)$$

Осевая сила прожектора при таком смещении источника света не уменьшится потому, что только элементарные изображения от кромки отражателя не будут пересекать оптической оси (при отрицательном смещении источника), все же другие элементарные изображения будут совмещаться на оптической оси в прежней последовательности. Следует заметить, что при смещении источника света происходит не только смещение осей элементарных изображений, но и изменение их угловой ширины: при приближении источника к отражателю угловая ширина изображений увеличивается, при удалении — уменьшается. Например, при дисковом источнике света изменившаяся угловая ширина элементарных изображений будет определяться выражением

$$\operatorname{tg}\beta'' = \frac{r\cos(\alpha \mp \beta')}{\sqrt{\rho^2 + \Delta f^2 \pm 2\rho\Delta f\cos\alpha}}. \qquad (86)$$

Верхние знаки следует брать, когда источник удаляется от отражателя, нижние — когда он приближается к отражателю.

Полная угловая ширина дефокусированного прожектора должна вычисляться по формуле

$$\Delta = 2\beta_{cp} = \beta'_{max} + \beta'_{min} + \beta''_{max} + \beta''_{min}, \qquad (87)$$

β'_{max} и β'_{min} — максимальное и минимальное угловые отклонения осей элементарных изображений от параллельности с оптической осью, вычисляемые по формуле (82);

β''_{max} и β''_{min} — максимальная и минимальная угловые ширины элементарных изображений дефокусированного источника.

Дистанция геометрического оформления луча дефокусированного прожектора будет определяться несколько иначе.

В случае дефокусировки по оптической оси к отражателю внутренние кромки элементарных изображений будут пересекать оптическую ось на расстоянии

$$L'_0 = R\operatorname{ctg}(\beta'' - \beta'). \qquad (88)$$

Из этого выражения следует, что если $(\beta'' - \beta') < \beta$, то $L'_0 < L_0$ для того же прожектора с источником света в фокусе.

В случае дефокусировки по оптической оси от отражателя (рис. 34): расстояние, на котором оптическая ось пересекается внутренними кромками элементарных изображений, будет определяться уравнением

$$L''_1 = R\operatorname{ctg}(\beta'' + \beta'); \qquad (89)$$

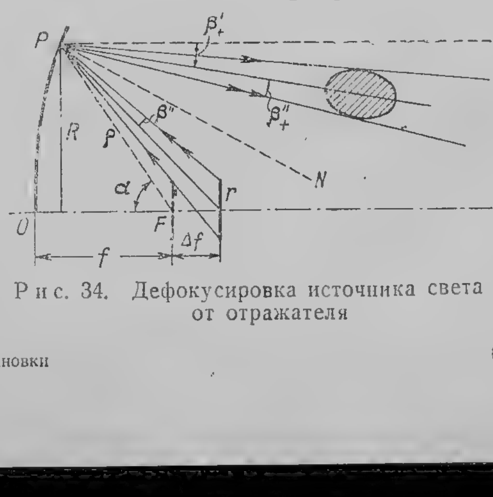


Рис. 34. Дефокусировка источника света от отражателя

— расстояние, на котором оси элементарных изображений пересекут оптическую ось, будет

$$L_2' = R \operatorname{ctg} \beta' ; \qquad (90)$$

— расстояние, на котором внешние кромки элементарных изображений пересекут оптическую ось, будет

$$L'_3 = R \operatorname{ctg} (\beta' - \beta'') . \qquad (91)$$

На основании этих формул можно вычислить длину и радиус шейки, полученной в луче при такой дефокусировке. Радиус шейки, согласно рис. 34, будет равен

$$\frac{a}{R} = \frac{L'_3 - L'_1}{L'_3} , \text{ или } a = R \left[1 - \frac{\operatorname{ctg} \beta'}{\operatorname{ctg} (\beta' - \beta'')} \right] . \qquad (92)$$

Сила света дефокусированного прожектора. Если, пользуясь формулами (82) и 86), вычислить углы β' и β'' при различных значениях величины смещения источника Δf и различных углах α и затем построить график этих величин, аналогичный приведённому на рис. 35, то, пользуясь им, можно определить, от каких зон отражателя элементарные изображения будут пересекать оптическую ось и от каких зон не будут. Тем самым станет известна та часть площади светового отверстия отражателя (через угол α), которая может считаться действующей, и мы таким образом сможем определить, какова будет осевая сила света нашего дефокусированного прожектора.

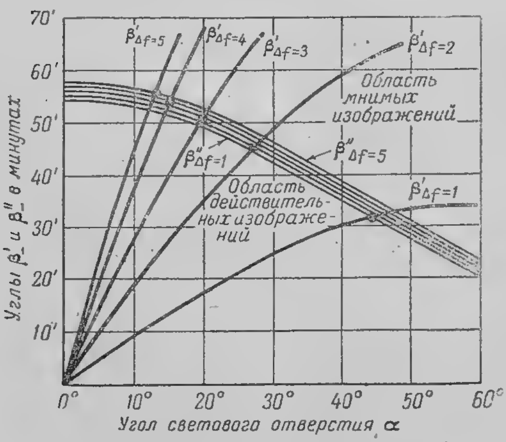


Рис. 35. Зависимость угловой ширины элементарных изображений β'' и угла отклонения их оси от параллельности с оптической осью β' от угла светового отверстия зон

Согласно формуле Манжена, осевая сила света прямо пропорциональна действующей площади оптики, и уравнение (70) можно представить в виде

$$I_{\text{пр}} = CQ = C\pi R^2 = C\pi\, 4f^2 \operatorname{tg}^2 {}^{\alpha}\!/_{2} = C_0 \operatorname{tg}^2 {}^{\alpha}\!/_{2} . \qquad (93)$$

Здесь α — угол, взятый из графика на рис. 35, на пересечении кривых $\beta' = f_1(\alpha)$ и $\beta'' = f_2(\alpha)$ при $\Delta f = \text{const}$.

Таким образом, по уравнению (93) можно вычислить осевую силу света дефокусированного прожектора.

Если источник света будет смещён из фокальной области не только вдоль оптической оси, а и в сторону от неё (внеосевая дефокусировка), тогда структура луча также изменится. Если источник света будет смещён в фокальной плоскости вниз от точки фокуса, весь луч прожектора, изменив свою структуру, поднимется вверх; при смещении источника вверх весь луч опустится вниз.

Когда источник света смещён не только вдоль оптической оси, но и в сторону от неё, и центр его находится на расстоянии μ от точки фокуса, оси элементарных изображений, лежащие в одной плоскости с источником света и оптической осью, будут смещены от параллельности с последней на угол

$$\beta'_{\text{в}} = \frac{57{,}28 \cdot 60\, \mu \sin(\alpha \pm \delta)}{\rho \mp \mu \cos(\alpha \pm \delta)}, \qquad (94)$$

гда δ — острый угол между отрезком μ и оптической осью.

Если источник света смещён к отражателю, то в выражении (94) следует брать верхние знаки, а если от отражателя, — нижние. Оси элементарных изображений, лежащие в плоскости, перпендикулярной к плоскости, проведённой через источник света и оптическую ось, будут смещены от параллельности с оптической осью на угол β', определяемый уравнением (82).

Ценность зон и действительное фокусное расстояние отражателя. Ранее было указано, что фокусные расстояния различных элементов и зон отражателя различны, поэтому стоящий перед отражателем источник света для некоторых зон и участков поверхности отражателя всегда выведен из фокуса. Возникает вопрос: в фокусе каких же зон следует ставить источник света и для каких зон отражателя можно заранее допустить дефокусировку без существенного снижения силы света прожектора? Ответ на этот вопрос даёт теория ценности зон параболического отражателя, позволяющая определить действительное или оптимальное фокусное расстояние отражателя. В различной ценности зон можно убедиться хотя бы потому, что яркость такого источника света, как дуга повышенной яркости, далеко не одинакова в направлении каждой зоны и площадь зон также различна. Другими словами, участие этих зон в перераспределении светового потока источника света и в создании осевой силы света прожектора может характеризоваться некоторыми коэфициентами b_i.

Величины этих коэфициентов зональной ценности будут различны для одного и того же отражателя, в зависимости от свойств источника света, а также и от того, оценивается ли прожектор по осевой силе света, по силе света на границах полезного угла рассеяния или по световому потоку. Существует точка зрения, что коэфициенты ценности зон для прожекторов с неглубокими

отражателями и с дугой повышенной яркости следует вычислять по формуле

$$b_i = \frac{(R'^2_2 - R'^2_1)}{2R^2_{кр}} \left(1 + \frac{B_\alpha}{B_{max}}\right) 100\% , \tag{95}$$

где R_2 и R_1 — соответственно внешний и внутренний радиусы зоны;

$R_{кр}$ — радиус кромки отражателя;

B_α — максимальная яркость кратера под средним углом α зоны;

B_{max} — максимальная яркость кратера при наименьшем α.

На рис. 36 приведена кривая зависимости коэфициентов b_i, вычисленных по формуле (95), от углов зон α. Зная коэфициенты ценности, можно вычислить действительное или оптимальное фокусное расстояние отражателя по формуле

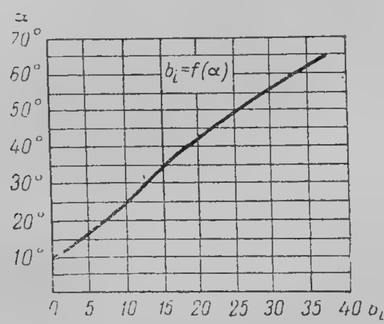


Рис. 36. Зависимость коэфициента ценности зон от угла светового отверстия зон отражателя

$$f_{действ.} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} f_i\, b_i\, b'_i}{\sum_{i=1}^{i=n} b_i\, b'_i}, \tag{92}$$

где b_i — коэфициенты аберрации зон.

При вычислении действительного фокусного расстояния нельзя не принимать во внимание степень воздействия аберрации на световой пучок от данной зоны. Поэтому проф. Н. А. Карякин и предлагает вводить в уравнение (96), наряду с коэфициентами ценности зон, ещё коэфициенты аберрации.

Величину коэфициента аберрации следует определять из выражения

$$b'_i = \frac{\Delta\psi_i}{\beta_i},$$

где $\Delta\psi_i$ — угловая аберрация зоны [см. уравнение (41)] при $\Delta f = 1$;

β_i — угловая ширина элементарного изображения источника света данной зоной при $r = 1$.

15. Прожектор с дополнительной оптикой

Сила света прожектора с рассеивателем. Если на световое отверстие прожектора закрытого типа надета специальная рассеивающая рама, то луч этого прожектора будет обладать иными свойствами, чем луч прожектора без рассеивателя. Световой поток прожектора с рассеивателем будет меньше светового потока прожектора без рассеивателя, так как рассеиватель будет погло-

щать большее количество светового потока, чем защитное стекло. Если применена рассеивающая рама, собранная из плосковыпуклых или двояковыпуклых цилиндрических линз, о которых говорилось в п. 10 главы II, то луч прожектора изменяет свою структуру и приобретает форму эллиптического конуса. Сечение луча плоскостью на некотором расстоянии L даёт светлое пятно в виде эллипса, причём малая полуось этого эллипса остаётся равной половине линейной ширины луча $\frac{W}{2}$ прожектора без рассеивателя, а большая полуось увеличивается пропорционально углу разворота элементарных изображений источника света рассеивающими линзами. Легко доказать, что между силой света прожектора без рассеивателя и силой света прожектора с рассеивателем, обеспечивающим получение эллиптического пятна, существует соотношение

$$I_р = \tau I_{пр} \frac{\beta_{пр}}{\beta_{рас}}, \tag{97}$$

где $I_р$ — сила света прожектора с рассеивателем;
$\beta_{рас}$ — угловая ширина луча после рассеивателя;
$I_{пр}$ и $\beta_{пр}$ — сила света и угловая ширина луча прожектора без рассеивателя;
τ — коэфициент пропускания светового потока рассеивателем.

Таким образом, сила света уменьшается пропорционально коэфициенту пропускания рассеивателя и пропорционально отношению угловой ширины луча прожектора без рассеивателя к угловой ширине с рассеивателем.

В некоторых случаях расчёт силы света прожектора с рассеивателем удобнее производить, определяя размеры действующей площади оптики и используя формулу Манжена. При этом необходимо определить вначале действующую площадь каждого элемента рассеивателя по тому или иному направлению, а затем для этого направления под углом β к оптической оси получить силу света по формуле

$$I_\beta = \eta B_0 \sum_{i=1}^{i=n} q_i, \tag{98}$$

где q_i — действующая площадь элемента рассеивателя в $см^2$.

Сила света прожектора с контротражателем. Как уже указывалось ранее, иногда в прожекторах с лампами накаливания применяются сферические зеркала — контротражатели. Последние устанавливаются или для увеличения габаритной яркости нити лампы накаливания, или для повышения коэфициента использования светового потока источника света в прожекторе. Если нужно увеличить габаритную яркость источника света, то контротражатель в виде вогнутого сферического зеркала располагают так, чтобы центр его кривизны почти совместился со световым центром источника света, установленного в фокусе параболи-

ческого отражателя. В результате получают изображение спиралей тела накала в промежутках между самими спиралями.

Если между яркостью габарита $B_г$, заполненного спиралями, и яркостью спиралей $B_с$ лампы существует соотношение (1), то, когда в промежутках между спиралями находятся изображения спиралей для новой габаритной яркости, будет справедливо соотношение

$$B'_г S_г = B_с S_с + B_н S_н ,$$

где $B_н$ — яркость изображения спиралей в промежутках, равная яркости спиралей, умноженной на коэфициент отражения контротражателя $B_н = \rho_к B_с$;

$S_н$ — площадь промежутков между спиралями, заполненная изображением спиралей и равная

$$S_н = S_г - S_с.$$

Делая подставки в уравнение (1) и преобразуя его, получим

$$B'_г = B_с \left[\frac{S_с}{S_г}(1 - \rho_к) + \rho_к\right] = B_с \left[\Theta_1(1 - \rho_к) + \rho_к\right]. \qquad (99)$$

Нетрудно видеть, что $B'_г > B_г$, и таким образом яркость источника света будет несколько повышена. Следует иметь в виду, что контротражатель будет увеличивать яркость габарита только для тех зон параболического отражателя, из которых будут видны одновременно спирали лампы и их изображения. Поэтому необходимо, чтобы контротражатель имел тот же угол светового отверстия, что и основной отражатель. Увеличение размеров контротражателя невыгодно ввиду экранирования центральной части плоскости светового отверстия. Оптимальными размерами будут такие, при которых экранирование невелико, а контротражатель располагается близко к источнику света. При применении контротражателя увеличивается коэфициент использования светового потока источника света в прожекторе. Световой поток, который выходил бы из прожектора непосредственно, возвращается контротражателем на параболический отражатель. Общая величина светового потока, падающего на параболический отражатель, в этом случае будет

$$\Phi'_\alpha = \Phi_\alpha + \rho_к \Phi_\alpha = \Phi_\alpha (1 + \rho_к). \qquad (100)$$

Это уравнение позволяет определить увеличение коэфициента использования.

При установке контротражателя в прожекторе существенно изменяется тепловой режим работы лампы накаливания, так как создаётся подогрев нити изображением спиралей и повышается температура колбы, что в общем может привести к снижению срока службы лампы.

16. Проверка свойств прожектора построением теоретической кривой распределения силы света в луче

Прожектор с источником света равномерной яркости. Максимальная сила света будет на оптической оси прожектора вследствие того, что здесь наиболее полно совмещаются элементарные изображения источника света. В некотором удалении от оптической оси сила света будет меньше, и, наконец, на кромке луча она будет иметь минимальное значение. Светотехнические свойства прожектора характеризуются кривой распределения силы света его луча, которая даёт зависимость силы света по какому-нибудь направлению внутри светового конуса от углового удаления этого направления от оси луча $I = f(\beta)$.

Кривая распределения силы света в луче прожектора может быть получена двумя путями: или путём теоретического анализа или же путём опытного измерения силы света прожектора по различным направлениям, т. е. фотометрированием прожектора. Теоретические кривые распределения силы света прожектора могут быть получены различными способами в зависимости от того, какой источник света установлен в данный прожектор.

Для прожектора со сферическим источником света равномерной яркости кривую распределения силы света в луче проще всего можно получить так.

Известно, что осевая сила света прожектора определяется по уравнению (70), но

$$R^2 = \rho^2 - (f - H)^2 = \rho^2 - (\rho - 2f)^2 = 4f^2(\rho/f - 1). \qquad (101)$$

Кроме того, принимая во внимание уравнение (73), имеем

$$\beta = \frac{r}{\rho}, \text{ или } \rho/f = \frac{r}{\beta f};$$

тогда

$$I_\beta = 4\pi\eta f^2 B_0 \left(\frac{r}{\beta f} - 1\right). \qquad (102)$$

Уравнение (102) и даёт зависимость $I = f(\beta)$, т. е. является уравнением кривой распределения силы света прожектора. Если угол β, отсчитываемый от оси луча, изменяется от нуля до угловой ширины элементарных изображений от кромки отражателя $\beta_{кр} = \frac{r}{\rho_{кр}}$, сила света сохраняет постоянное значение, равное I_{max}, т. е. осевой силе света. Когда β изменяется от $\beta_{кр}$ до своего максимального значения $\beta_{max} = \frac{r}{f}$, сила света убывает от I_{max} до 0, причём кривая снижения силы света представляет собой гиперболу. Таким образом, кривая распределения силы света прожектора со сферическим источником света будет иметь вид кривой, подобной представленной на рис. 37.

Для прожектора с дисковым источником света равномерной яркости кривая распределения силы света наиболее легко и точно

может быть построена графическим способом. Последовательность построения должна быть следующей. Делим отражатель на несколько кольцевых зон, допустим, через 10°, по принципу: 1-я зона — $\alpha = 0 - 10°$; 2-я зона — $\alpha = 10—20°$; 3-я зона — $\alpha = 20—30°$ и т. д.

Для каждой отдельной зоны отражателя выполняем следующее построение (рис. 38, *а*). Во-первых, по формулам (73) и (74) вычисляем угловую ширину эллиптических элементарных изображений и в некотором масштабе строим полуэллипс, у которого большая полуось соответствует наибольшей угловой ширине элементарного изображения, вычисленной по формуле (73), а малая полуось, соответственно, наименьшей ширине, вычисленной по формуле (74). Построение ведём, как показано на рис. 38. Построив полуэллипс, определяем осевую силу света, развиваемую зоной по формуле (69), и откладываем её по оси *I* вверх в некотором масштабе сил света. Делим полученный на оси *I* отрезок на четыре части и прямой угол между осью абсцисс и осью ординат также делим на четыре равные части. Точки пересечения эллипса радиусами, делящими угол, сносим на ось абсцисс, затем восстанавливаем перпендикуляры вверх от оси абсцисс и отмечаем соответствующие точки пересечения их с горизонтальными линиями, идущими от точек деления отрезка *I*.

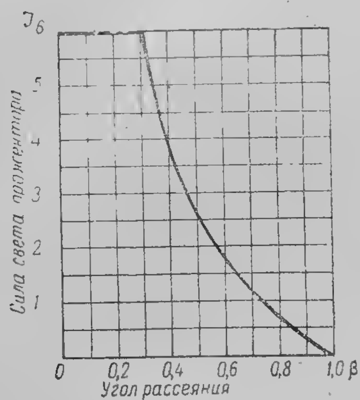


Рис. 37. Теоретическая кривая распределения силы света прожектора со сферическим источником света равномерной яркости

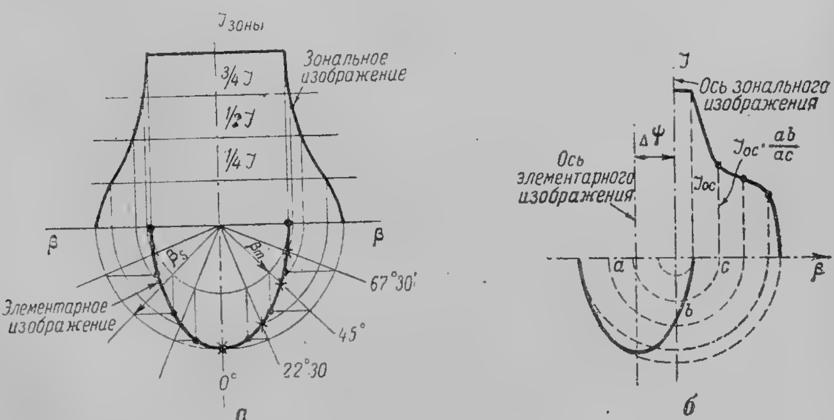


Рис. 38. Построение теоретической кривой распределения силы света от зоны параболического отражателя с дисковым источником равномерной яркости: *а*—при отсутствии аберрации; *б*—при наличии аберрации

Таким образом, получается кривая распределения силы света зоны с плоской полкой, т. е. с постоянным значением силы света при углах β, изменяющихся от 0 до β_{min} (для кромки отражателя), и с криволинейным изменением ординат I при увеличении β от β_{min} до β_{max}.

Когда получены такие кривые для каждой зоны отражателя, то для получения общей кривой распределения силы света прожектора необходимо только произвести суммирование ординат при одних и тех же значениях β, что можно выполнить, наложив серию кривых для различных зон одну на другую, и, сложив ординаты графически, прочертить результирующую кривую.

Следует заметить, что, пользуясь этим методом построения, можно получить кривую распределения силы света для прожектора, имеющего в качестве источника не круглый диск, а прямоугольный, а также для прожектора, у которого отдельные зоны обладают той или иной аберрацией.

При наличии аберрации построение следует выполнять, как показано на рис. 38, *б*. Половина эллипса строится ниже оси углов β, затем от вертикальной оси эллипса в соответствующую сторону откладывается по оси β величина угловой аберрации $\Delta\psi$, и тем самым определяется положение оси зонального изображения. Силы света под различными углами β определяются по выражению $I_\beta = I_{oc} \frac{ab}{ac}$, т. е. сила света по оси, умноженная на отношение дуги ab, заключённой внутри эллипса, к дуге ac полной полуокружности данного угла β. Так же строятся зональные кривые для аберрационного прожектора со сферическим и цилиндрическим источниками света.

Прожектор с источником света неравномерной яркости. Современные дуговые прожекторы имеют источник света неравномерной яркости, и поэтому при построении теоретической кривой распределения силы света такого прожектора приходится пользоваться особыми приёмами. Рассмотрим здесь основные этапы построения кривой распределения силы света прожектора с дугой повышенной яркости, причём при построении будем стремиться приблизиться к свойствам реального прожектора.

Для выполнения этого построения, во-первых, необходимо установить то расстояние, на котором желательно получить кривую распределения силы света прожектора. Пусть это расстояние будет $L > L_0$. Во-вторых, необходимо взять кривую аберрации отражателя, так как аберрационная дефективность различных зон будет так или иначе влиять на силу света прожектора. Пусть для построения принят отражатель, имеющий кривую аберрации, подобную представленной на рис. 25. В-третьих, при построении должны учитываться свойства источника света и, в частности, его яркостная характеристика. Пусть для нашего случая принят источник света — дуга повышенной яркости, а яркостная характеристика кратера анода этой дуги представлена на рис. 12.

Построение кривой распределения силы света для всего прожектора производят по частям, выполняя сначала построение кривых от отдельных кольцевых зон отражателя. Для этого отражатель делят на шесть зон, как и в предыдущем случае, ограничивая зону внутренним и внешним углами. При построении кривой распределения силы света от каждой зоны выполняют следующие операции и в такой последовательности.

Первый этап. Для каждой зоны составляется таблица по типу табл. 2, составленной для зоны 10—20 .

Таблица 2

Радиус зон кратера в *мм*	Яркость в направлении середины зоны *B* в *ксб*	Половина угловой ширины изображения зоны кратера β в минутах	Сила света элементарных изображений в свечах
0	97	—	$71 \cdot 10^3$
1	75	10,13	$60 \cdot 10^3$
2	65	20,26	$52 \cdot 10^3$
3	62	30,39	$49,5 \cdot 10^3$
4	58	41,52	$46,5 \cdot 10^3$

и т. д.

Первые два столбца этой таблицы составляются на основании яркостной характеристики (см. рис. 12), полученной для угла $\alpha_{ср} = 15°$, т. е. угол является средним углом зоны 10—20°. Радиус кратера берётся от 0 до 8 *мм*.

Третий столбец таблицы составляется на основании вычислений по уравнению (73), в котором величина радиуса источника света принимается соответственно равной 0—8 *мм*.

Четвёртый столбец таблицы составляется на основании вычислений по формуле Манжена; сила света элементарного изображения определяется из произведения (69), причём f берётся номинальное, η берётся свойственное данной зоне, значение B_α берётся из второго столбца таблицы и Q вычисляется для данной зоны на основании имеющихся данных.

Второй этап. На основании данных третьего и четвёртого столбцов таблицы строится кривая распределения силы света в элементарном изображении от данной зоны, как это показано на рис. 39 слева.

Третий этап. Делим максимальное значение силы света элементарного изображения на десять равных частей, сносим точки деления на кривую, а затем на ось углов β, и описываем полуокружности равных значений силы света из точки пересечения оси элементарного изображения с осью β.

Четвёртый этап. Определяем угловое удаление оси элементарного изображения от оси изображения источника света,

создаваемого всей кольцевой зоной отражателя, т. е. от оптической оси отражателя. Это удаление можно найти по формуле

$$\Theta = \Theta_1 \pm \Delta\psi = 57{,}28 \cdot 60 \left[\frac{R_{ср}}{L} \pm \frac{\Delta f \sin \alpha}{2f} (1 + \cos \alpha) \right], \quad (103)$$

где Θ_1 — удаление оси элементарного изображения от оси луча, обусловленное наличием некоторого среднего радиуса зоны $R_{ср} = 2f \operatorname{tg} \frac{\alpha_{ср}}{2}$ наличием определённого удаления от прожектора L, т. е. $\Theta_1 = \frac{57{,}28 \cdot 60 \cdot R_{ср}}{L}$;

$\Delta\psi$ — величина угловой аберрации, которая может увеличить или уменьшить угловое удаление указанных осей одна от другой, в зависимости от того, будет ли продольная аберрация $\pm \Delta f$ положительной или отрицательной.

Значение угловой аберрации вычисляется по формуле (41). Очевидно, при положительном значении Δf, т. е. когда фактическое фокусное расстояние данной зоны f_i больше её действительного или среднего фокусного расстояния, а источник света установлен в удалении от отражателя, равном среднему или действительному фокусному расстоянию, ось элементарного изображения будет отклонена от оптической оси отражателя, и рас-

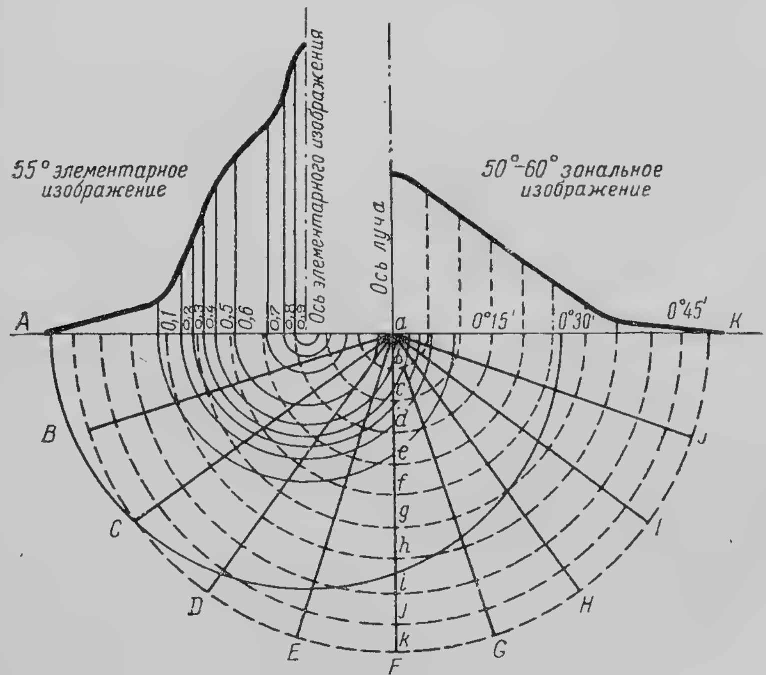


Рис. 39. Построение теоретической кривой распределения силы света от зоны параболического отражателя с дугой повышенной яркости

стояние Θ_1 должно быть увеличено на величину $\Delta\psi$. Если же по формуле (41) получается $\Delta\psi$ отрицательной (при отрицательном Δf), тогда ось элементарного изображения будет отклонена к оптической оси отражателя, и Θ должно быть уменьшено на величину $\Delta\psi$. Когда величина Θ будет вычислена по уравнению (103), её откладывают в принятом масштабе углов рассеяния β вправо от оси элементарного изображения и проводят новую вертикальную ось, являющуюся оптической осью отражателя или осью зонального изображения источника.

Пятый этап. Из основания оси луча или оси зонального изображения, как из центра, описывают серию концентрических полукругов с равными приращениями радиусов, которые должны соответствовать определённым значениям углов рассеивания β. Когда концентрические полукруги равных углов построены, один из этих кругов делят на десять равных дуг и проводят девять радиусов, образующих углы в 18°, например радиусы *A*, *B*, *C*,..., *K* (см. рис. 39). На радиусе обозначают точки пересечения его полуокружностями равных углов *a*, *b*, *c*,..., *k*, как показано на рис. 39.

Шестой этап. Для определения силы света в зональном изображении под любым углом β берём соответствующий полукруг равных углов, например *b*, и находим на чертеже точки пересечения этого полукруга с радиусами *A*, *B*, *C*,..., *K*. Останавливаясь на каждой из этих точек, необходимо проследить, при каких значениях силы света пересекается полуокружность *b* с радиусами *A*, *B*, *C*,..., *K*, для чего рассматриваем, какой полукруг равных сил света проходит вблизи этой точки пересечения. Значение силы света для радиусов *A* и *K* надо взять в виде их полусуммы, для всех прочих девяти радиусов взять их истинное значение. Таким образом, средняя реальная сила света при этом значении углов будет равна в долях максимальной силы света элементарного изображения сумме десяти слагаемых, делённой на 10. Так, например, для полуокружности *b* (см. рис. 39) она будет для *A* и *K* равна: $\frac{0{,}68 + 0{,}25}{2} = 0{,}46$. Отыскивая значение силы света для прочих девяти радиусов, получаем:

$$\frac{0{,}46 + 0{,}67 + 0{,}64 + 0{,}60 + 0{,}55 + 0{,}50 + 0{,}40 + 0{,}34 + 0{,}30 + 0{,}26}{10} = 0{,}472.$$

Эту величину мы и откладываем по вертикали, соответствующей данному углу β, вверх от оси углов. Проделав то же самое для полуокружностей *a*, *c*, *d*, *e*,..., *k*, строим кривую зонального изображения или кривую распределения силы света от данной зоны. Осевая сила света зоны вследствие наличия аберрации будет составлять 0,52 от максимальной.

После того как подобные построения выполнены для всех зон отражателя, строим все кривые зональных изображений одну над другой, располагая их соответственно расположению зон от-

ражателя и используя одинаковые масштабы углов и сил света для всех этих кривых. После этого производим суммирование значений сил света для всех углов β и таким образом получаем кривую распределения силы света всего прожектора, подобную показанной на рис. 40. Если необходимо учесть поглощение света в атмосфере на расстоянии L, следует ординаты кривой при суммировании умножать на коэфициент прозрачности атмосферы в степени L.

Этот последний способ построения является наиболее строгим в теоретическом смысле и универсальным, т. е. пригодным для получения кривых распределения сил света прожекторов: аберрационных, дефокусированных, снабжённых рассеивателями и т. д. Пользуясь этим способом построения теоретической кривой распределения силы света в луче, весьма удобно проверять все основные свойства того или иного прожектора.

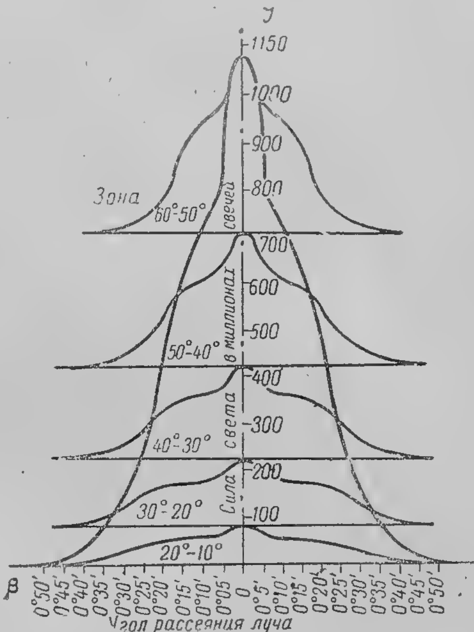


Рис. 40. Построение теоретической кривой распределения силы света в луче прожектора

17. Проверка свойств прожектора фотометрированием

Фотометрирование тубус-фотометром и люксметром. Можно получить кривую распределения силы света прожектора фотометрированием. Могут применяться различные методы фотометрирования, в зависимости от принятого способа отсчёта малых углов в пределах конического луча прожектора и в зависимости от взятого для эксперимента фотометрического прибора.

Специфичность фотометрического исследования прожектора состоит, во-первых, в том, что измерения должны производиться в той части светового пучка, где действителен закон убывания освещённости обратно пропорционально квадрату расстояния по всей ширине этого пучка. Дистанция фотометрирования должна определяться в каждом отдельном случае расчётом на основании законов геометрического оформления пучка и не может приниматься менее чем $L_ф = (6 \div 10)\, L_o$, т. е. шести- или десятикратного значения дистанции геометрического оформления.

Второй особенностью является малая угловая ширина светового пучка прожектора (например 1 — 2°), а это требует примене-

ния специальных приспособлений для отсчёта углов поворота оптической оси в горизонтальной и вертикальной плоскостях. При фотометрировании дуговых прожекторов используются три способа отсчётов малых углов.

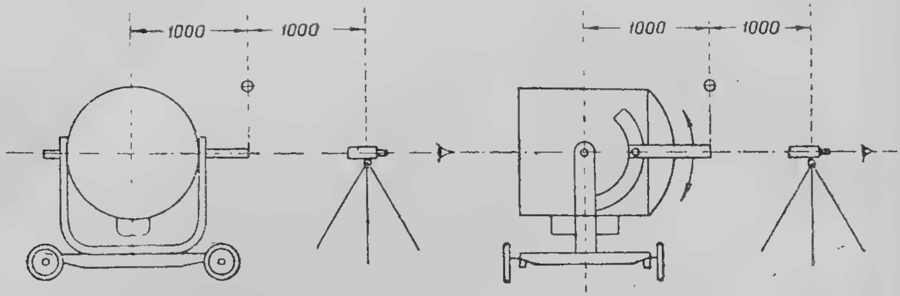


Рис. 41. Отсчёт малых углов поворота прожектора угломерным инструментом

Первый способ — это отсчёт углов при помощи лимбов больших радиусов. На прожекторе устанавливаются увеличенные против нормальных размеров лимбы или шкалы для отсчёта углов поворота прожектора в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Стремятся взять лимб таких размеров, чтобы на дуге в 1° можно было взять не менее шести отсчётов. Лимбы должны быть установлены на прожекторе достаточно жёстко и снабжены длинными стрелками, позволяющими производить отсчёт.

Второй способ заключается в применении какого-либо угломерного инструмента, имеющего нониус и позволяющего отсчитывать углы поворота прибора, например, через 10′. Для отсчёта углов поворота прожектора в горизонтальной плоскости на лапе лиры, в некотором удалении от оси вращения прожектора, устанавливается крест нитей или некоторый индекс. На таком же удалении от этого индекса вдоль прямой, проходящей через ось вращения и индекс, устанавливается угломерный инструмент, как показано на рис. 41.

Если прибор свизировать на этот индекс, а затем, после поворота прожектора на малый угол, вновь свизировать на индекс, то по шкале прибора можно отсчитать угол поворота и прожектора и прибора. Точность отсчёта малых углов поворота получается достаточной для практики.

Третий способ отсчёта углов применяется иногда при получении кривой распределения силы света прожектора в горизонтальной плоскости и состоит в том, что в луче прожектора на определённом расстоянии от оптической оси b и на дистанции фотометрирования $L_ф$ устанавливается вертикальная рейка и на месте стояния этой рейки измеряется сила света. Угол отклонения изучаемого направления от оптической оси вычисляется по формуле

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{b}{L_ф}. \qquad (104)$$

Фотометрические исследования прожекторов производятся различными методами, в зависимости от устройства фотометрического прибора, применяемого для измерения (тубус-фотометр, люксметр, телефотометр).

Фотометрирование мощных дуговых прожекторов производится, как правило, на открытом воздухе в ночное время. Ввиду большого расстояния фотометрирования необходимо знать коэфициент прозрачности воздуха; чаще всего его приходится определять в процессе исследования.

При фотометрировании прожектора тубус-фотометром последний устанавливается на расстоянии $L_ф$, и прожектору дают различные углы поворота от начального положения, когда оптическая ось направлена на фотометр. Это начальное положение определяют по максимальному значению получающейся силы света, которую для всех положений можно вычислять по формуле

$$I_{пр} = \frac{CL^2_ф}{r^2} t^{-L_ф} t_ф^{-1}, \qquad (105)$$

где C — некоторая постоянная фотометра;
r — отсчёт по шкале тубус-фотометра в *см*;
t — коэфициент прозрачности атмосферы;
$t_ф$ — коэфициент прозрачности фильтра, уменьшающего силу света прожектора.

Фотометрирование телефотометром. При фотометрировании прожектора телефотометром поступают таким образом. На дистанции фотометрирования устанавливают квадратный щит, раз-

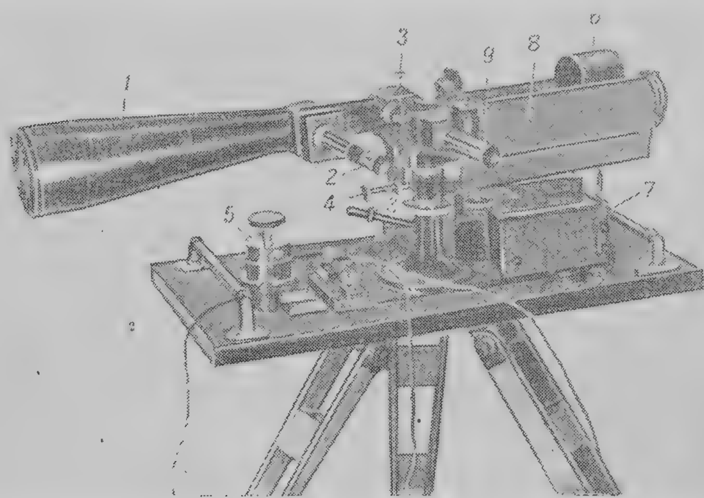


Рис. 42. Телефотометр системы Д. А. Куприянова:
1—теленасадка; *2*—видоискатель; *3*—стопорный винт; *4*—маховичок; *5*—реостат; *6*—противовес; *7*—милливольтамперметр; *8*—тубус-фотометр; *9*—визир

мер которого определяют, исходя из размеров дистанции $L_ф$ (при $L_ф = 1$ *км* сторона щита $a = 1$ *м*, при $L_ф = 2$ *км*, $a = 2$ *м*). Щит освещают прожектором, направляя на него различные участки луча, и на щит визируют телефотометр, общий вид которого приведён на рис. 42. Уравнивая яркости полей сравнения, добиваются такого положения, при котором яркость внутреннего поля телефотометра, отвечающая яркости изображения щита, равна яркости внешнего поля, отвечающей яркости молочной пластинки фотометра. Телефотометр системы проф. Д. А. Куприянова представляет собой тубус-фотометр, снабжённый дополнительной насадкой в виде телескопической системы.

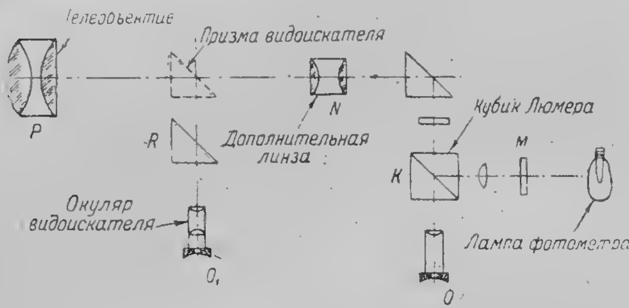


Рис. 43. Схема оптической системы телефотометра

Объектив P теленасадки (рис. 43) склеен из двух линз диаметром 12 *см* с общим фокусным расстоянием 50 *см*, а несколько ближе его фокальной плоскости установлена ещё рассеивающая линза N, увеличивающая фокусное расстояние системы до 2 *м*. Эта линза при помощи особого винта может перемещаться вдоль оптической оси системы для обеспечения чёткости наводки изображения щита в плоскость окошечка фотометрического кубика K. Для удобства наводки фотометра по нужному направлению имеется специальный искатель, объективом которого служит только линза P. Призма R устанавливается при помощи рычага в положение, обозначенное пунктиром, и отклоняет лучи к окуляру O_1. Фотометрический кубик рассматривается при помощи окуляра O. Если телефотометр свизирован на щит, освещённый прожектором, и яркости полей фотометра уравнены путём перемещения матового стекла M, тогда яркость видимого изображения щита на кубике равна яркости матового стекла M, т. е.

$$E_{из} = E_ф = \frac{I_{пр}}{L^2_ф} t^{2L_ф} = \frac{C}{r^2_{ср}}, \qquad (106)$$

где t — коэфициент прозрачности атмосферы;
$L_ф$ — дистанция фотометрирования;
C — постоянная фотометра;
$r_{ср}$ — средний отсчёт по фотометру.

Сила света прожектора найдётся так:

$$I_{пр} = \frac{CL^2_ф}{r^2_{ср}} t^{-2L_ф} = \frac{C_0}{r^2_{ср}}, \qquad (107)$$

где C_0 — постоянная фотометрирования.

Следует заметить, что при фотометрировании телефотометром последний может располагаться в непосредственной близости к испытуемому прожектору; это позволяет более тщательно следить за колебаниями режима работы прожектора и брать отсчёты при однообразных условиях горения дуги. Кроме того, исключается необходимость в телефонной связи между прожектором и фотометрическим пунктом.

Одновременно с измерениями силы света прожектора телефотометром можно измерить коэфициент прозрачности атмосферы.

При фотометрировании прожектора люксметром по измеренной освещённости в различных точках луча на дистанции $L_ф$ вычисляют силу света прожектора в направлении на эти точки по формуле

$$I_{пр} = EL^2_ф \, t^{-L_ф} \, t_ф^{-1}, \qquad (108)$$

где E — освещённость, замеренная люксметром.

По полученным опытным путём значениям силы света прожектора под различными углами к оптической оси строится кривая $I_\beta = f(\beta)$, аналогичная результирующей кривой (см. рис. 40).

У современных дуговых прожекторов кривые распределения силы света в вертикальной и горизонтальной плоскостях неодинаковы. Кривая в горизонтальной плоскости чаще всего симметрична относительно оптической оси отражателя. Кривая в вертикальной плоскости несимметрична, так как пламя, возвышающееся над дугой, даёт в прожекторном луче достаточно большие значения сил света и при больших углах вниз или вверх от оптической оси отражателя. Когда отрицательный электрод отклонён вниз от оси положительного электрода и пламя направлено вверх, оно, изображаясь в отражателе, будет увеличивать силу света на нижней кромке луча. Если же отрицательный электрод поднят вверх над осью положительного электрода, что имеет место у прожекторов с перевёрнутыми дуговыми лампами, тогда пламя будет увеличивать силу света на верхней кромке луча. На кривой распределения силы света прожекторов дальнего действия отмечают точки, соответствующие значению силы света, равному $0{,}5\,I_{max}$. Это значение силы света считают расчётным и обозначают $I_{рас} = 0{,}5\,I_{max}$, а соответствующий этим значениям угол рассеяния β считают действующим углом рассеяния прожектора. Кривая распределения силы света прожектора позволяет иметь суждение об удачном подборе тех или иных параметров прожектора, позволяет определить расчётный световой поток в луче прожектора и даёт основание для определения освещённости объекта, находящегося в различных положениях в луче прожектора.

Глава IV

ДАЛЬНОСТЬ ВИДИМОСТИ ЦЕЛИ В ЛУЧЕ ПРОЖЕКТОРА

18. Факторы, определяющие дальность видимости цели в луче прожектора

Видимость цели в луче прожектора принципиально зависит от свойств прожектора, свойств цели, от способа наблюдения и наличия приборов наблюдения у наблюдателя, от свойств атмосферы и от взаиморасположения прожектора, цели и наблюдателя.

Выясним несколько подробнее все свойства прожектора, атмосферы, цели и наблюдателя, которые оказывают решающее влияние на дальность видимости цели, освещённой лучом прожектора. Краткое изложение существа основных явлений, сопутствующих акту видения цели в луче прожектора, позволит показать всю сложность вопроса и даст основания к изложению приближённых теорий, применяемых для практических расчётов. Во-первых, следует заметить, что дальность видимости цели будет тем больше, чем больше будет сила света прожектора. Однако здесь нет прямой пропорциональности, и при некоторых условиях дальность видимости цели с увеличением силы света увеличивается весьма незначительно.

Во-вторых, на дальность видимости влияет не только величина максимальной или осевой силы света прожектора, но и характер распределения силы света в луче. Если луч прожектора будет иметь более широкую плоскую полку у кривой распределения силы света (см. рис. 37 и 40), тогда условия освещения цели могут считаться более благоприятными, так как цель в пределах значительного углового интервала будет находиться под воздействием максимальной силы света прожектора. Следовательно, в общем случае дальность видимости цели может зависеть от того, насколько цель удалена от оси луча и насколько сила света прожектора по этому направлению меньше осевой силы света прожектора.

В-третьих, существенное влияние на дальность видимости цели в луче прожектора оказывает спектральный состав световой энергии в луче прожектора. Если бы луч прожектора имел некоторую окраску в результате значительного преобладания

в нём лучистой энергии некоторых длин волн, то оказалось бы, что цель можно замаскировать соответствующей окраской и, кроме того, благодаря определённой спектральной чувствительности человеческого глаза, цель в цветном луче была бы видна хуже, чем в луче, не имеющем окраски. Вот почему выгоднее всегда иметь у прожектора „белый луч", т. е. луч, содержащий световую энергию всех длин волн видимого участка спектра. Это значит, что надо иметь источник света с такой спектральной характеристикой излучения, которая мало бы отличалась от спектральной характеристики солнца; этим условиям достаточно хорошо удовлетворяет дуга повышенной яркости (см. рис. 15). Кроме того, необходимо, чтобы оптика прожектора не изменяла спектральный состав перераспределённого ею светового потока. Этим условиям хорошо удовлетворяет стеклянный отражатель, покрытый серебряным отражающим слоем.

Наконец, видимость цели зависит от таких свойств прожектора, как устойчивая работа его, т. е. отсутствие миганий луча, достаточная подвижность луча, и от других менее значительных свойств, присущих прожектору данной конструкции и данного типа.

Дальность видимости цели в луче прожектора зависит также от свойств цели и главным образом от её окраски и характера отражения света целью, от её размеров, формы и подвижности. Цель будет видна с больших расстояний, если она будет отражать в направлении к наблюдателю большее количество световой энергии. Значит, видимость цели зависит от общей величины коэфициента отражения света целью и характера отражения падающего на цель светового потока. Может случиться так, что при данном угле падения света на цель и при данном угле наблюдения цели условия видимости будут наименее или наиболее благоприятны. Таким образом, дальность видимости цели зависит от коэфициента отражения света целью и от её окраски, от угла падения света на цель и от угла наблюдения данной цели.

Существенное влияние на дальность видимости цели оказывают размер и форма цели. Цель больших размеров может быть видна дальше, имеющая правильные геометрические формы и резко очерченная более заметна для глаза, чем цель с неправильными контурами и не имеющая резких очертаний.

Цель, обладающую большой скоростью, труднее обнаружить и распознать в луче прожектора, так как время восприятия цели может оказаться недостаточным.

Дальность видимости цели в луче прожектора в значительной степени зависит также от свойств и состояния зрительного аппарата наблюдателя. Здесь можно указать на следующие основные факторы, определяющие видимость освещённой прожектором цели.

Во-первых, большое значение имеет адаптация наблюдателя, так как ему неизбежно приходится иметь дело с малыми ярко-

стями. На наблюдателя, адаптированного на темноту или на весьма малые яркости до вспышки луча, появление луча может оказать вредное воздействие в том смысле, что значительно повысит яркость поля адаптации. Понятно, что чувствительность наблюдателя будет понижена. Стремясь ослабить воздействие луча на наблюдателя, увеличивают расстояние между ними, снабжая прожекторы дистанционным управлением.

Во-вторых, при рассматривании целей в луче прожектора следует считаться с мерой остроты зрения при заданных контрасте и времени различения. Известно, что острота зрения нормального глаза человека примерно равна одной минуте, т. е. человек может раздельно видеть две контурные линии, если угловое расстояние между ними не меньше одной минуты. Если цель находится очень далеко или она достаточно мала и угол между основными контурными линиями цели меньше одной минуты, цель не будет замечена наблюдателем. С понижением освещённости или яркости цели острота зрения падает, при малых яркостях (ниже 0,1 *лк* на белом) острота зрения изменяется примерно пропорционально корню квадратному из яркости. Стремясь повысить остроту зрения, пользуются оптическими приборами для наблюдения целей. Бинокль, увеличивая видимые угловые размеры цели, способствует повышению дальности видимости цели. Однако при наблюдении целей в луче прожектора не всякий бинокль даёт положительные результаты, о чём более подробно будет сказано ниже.

В-третьих, дальность видимости целей зависит от контрастной чувствительности при заданном угловом размере цели и времени различения. Необходимым условием для видимости цели является определённое соотношение между яркостью цели $B_ц$ и яркостью фона $B_ф$, на котором цель рассматривается. При достаточно больших угловых размерах рассматриваемого предмета и яркости поля адаптации контрастная чувствительность глаза определяется величиной в 2—5%. Чем больше будет яркостный контраст между целью и фоном при освещении прожекторами, тем лучше будут условия для обнаружения и распознавания цели в луче.

Наконец, при всех прочих благоприятных условиях, в распоряжении наблюдателя должно иметься определённое минимально необходимое для данных условий время фиксации цели, во-первых, для подачи импульса от зрительного аппарата к центральной нервной системе и, во-вторых, для психической и моторной реакции, в результате которой начнётся следование лучом за целью.

Следует также заметить, что дальность видимости цели зависит от степени утомлённости наблюдателя, от его физического и морального состояния и различных других субъективных факторов, которые могут влиять на чувствительность его зрительного аппарата в данный момент.

Слои атмосферы, отделяющие цель от прожектора и цель от наблюдателя, содержат в своём составе огромное количество

частиц, рассеивающих световой поток и поглощающих его. Если взять некоторый слой единичной толщины, то можно говорить о некотором коэфициенте поглощения светового потока в этом единичном слое; в некотором единичном объёме среды, пронизываемом световым потоком, падающим на цель, можно говорить об определённом рассеянии светового потока частицами, находящимися в этом объёме. Вполне понятно, что если цель находится на очень большом расстоянии от прожектора и от наблюдателя, то в силу значительного поглощения и рассеяния светового потока в массе единичных слоёв цель будет обладать очень малой кажущейся яркостью и может быть просто не замечена наблюдателем, так как не вызовет должного раздражения зрительного аппарата. Когда слои атмосферы, отделяющие цель от прожектора, содержат большое количество частиц, рассеивающих световой поток по различным направлениям, яркость луча прожектора, наблюдаемая со стороны, увеличивается, а яркость цели, освещённой лучом, уменьшается. Поэтому в пасмурную или туманную погоду луч прожектора выглядит более ярким, но видимость целей в луче сравнительно низка.

Весьма существенное влияние на видимость цели оказывает взаиморасположение прожектора, цели и наблюдателя. Если наблюдатель будет находиться в непосредственной близости от прожектора, условия наблюдения будут менее благоприятны, так как зрительный аппарат наблюдателя будет адаптирован на некоторые, довольно значительные освещённости, полученные от рассеянного светового потока, выходящего от источника света через защитное стекло непосредственно, а также от рассеянного потока на кромках луча, который появляется вследствие того, что источник света имеет неправильную форму и что отражатель даёт многократные отражения и имеет некоторую аберрацию.

Если наблюдатель будет просматривать большую толщу луча, наблюдая за целью, то он будет видеть цель на более ярком фоне, так как яркость фона создаётся в большинстве случаев за счёт рассеянного светового потока частицами атмосферы. При одной и той же яркости цели и большей яркости фона контраст между целью и фоном будет меньше, и цель будет видна хуже. Если наблюдатель будет рассматривать цель, находясь под лучом прожектора, он будет в менее благоприятных условиях наблюдения, чем при нахождении в некотором боковом удалении от луча. Это объясняется тем обстоятельством, что рассеянный световой поток в нижней части луча достаточно велик и создаёт большие освещённости на поверхности земли или воды, которые ослепляют наблюдателя и мешают видимости цели.

В заключение следует заметить, что дальность видимости целей в луче прожектора зависит от весьма большого количества факторов и ни один из предложенных теоретических методов расчёта не позволяет обойтись без приближений и упрощающих допущений. Наиболее простым, а вместе с тем и достаточно грубым является метод А. Блонделя и Ж. Рея. Преимуществом

этого метода являются его простота и удобство использования. Наиболее сложными, зато более точными являются современные методы В. Хаутона и И. Рокара; последнему следует отдать предпочтение ввиду более глубокого и полного анализа всех факторов, влияющих на дальность видимости целей в луче прожектора.

В последующих параграфах будут изложены основы расчётов, связанных с дальностью видимости цели в луче прожектора.

19. Некоторые свойства атмосферы, имеющие значение при работе прожекторов

Световой поток прожектора, распространяясь в направлении к цели, пронизывает довольно значительную толщу атмосферы и изменяется количественно и качественно.

Количественное изменение светового потока обусловлено наличием вполне определённого поглощения его той средой, в которой он распространяется.

Световой поток, пронизывающий толщу среды, с учётом поглощения может вычисляться по известному из светотехники и оптики закону Бера-Бугера

$$\Phi_L = \Phi_0 e^{-\sigma L} = \Phi_0 t^L, \qquad (109)$$

где Φ_L — световой поток, прошедший толщу среды в L *км*;

Φ_0 — световой поток прожектора;

e — основание натуральных логарифмов;

σ — коэфициент удельного поглощения светового потока;

t — коэфициент прозрачности слоя среды толщиной 1 *км* или 1 *кб* (1 *кб* — один кабельтов, равный 185,3 *м*).

Качественное изменение светового потока, пронизывающего толщу атмосферы, можно объяснить посредством основных положений теории рассеяния света.

В формуле (109) величина σ играет роль кажущегося коэфициента поглощения, обусловленного также и рассеянием света средой. Ясно, что этот коэфициент зависит от физических свойств как светового потока, так и той среды, в которой поток распространяется.

Эти зависимости для среды, размеры частиц которой значительно меньше длины волны распространяющегося светового потока, даёт классическая теория рассеяния Релея.

Теория Релея доказывает, что поглощение обратно пропорционально четвёртой степени длины волны падающего потока и прямо пропорционально шестой степени линейных размеров рассеивающей частицы. Теория Релея также доказывает, что интенсивность рассеяния по различным направлениям распределяется по закону $(1 + \cos^2 \Theta)$, где Θ — угол, образованный направлениями первичного и вторичного лучей.

Однако, как показали работы некоторых исследователей, основные положения этой классической теории не могут быть положены в основу расчётов рассеяния светового потока реальной атмосферой и туманом. Наличие в атмосфере крупных частиц в виде водяных капелек, ледяных кристаллов, паров воды, сухой пыли, пылинок в роли ядер конденсации влаги коренным образом изменяет как общую величину коэфициента поглощения, так и его спектральную характеристику, а также и распределение интенсивностей рассеянного света частицами по различным направлениям.

Решающим фактором, оказывающим влияние на изменение поглощения и рассеяния света атмосферой, является содержащаяся в атмосфере влага. Количество, вид и размеры водяных частиц в атмосфере, как известно, зависят от температуры, давления, времени суток, времени года и географического положения.

Атмосферная пыль — космическая, вулканического происхождения и пыль наземная (дымовая, песчаные вихри и т. п.) — оказывает также влияние на поглощение и рассеяние светового потока. Содержание пыли изменяется с высотой, со временем суток и года и с изменением множества других условий.

На основании сказанного можно сделать вывод, что данные о рассеянии и о поглощении светового потока реальной атмосферой могут быть получены теоретическим путём только на основании ряда допущений, предположений и упрощающих расчёты гипотез. Эти данные должны проверяться экспериментальным путём и только после этого прилагаться к практическим расчётам. Среди многочисленных попыток исследователей дать необходимые поправки к положениям классической теории Релея для реальной атмосферы, с точки зрения использования их для практики расчёта прожекторного освещения, заслуживает особого внимания работа современного французского учёного П. Рокара.

Рокар пренебрегает полем поляризации внутри рассеивающей частицы и полагает, что каждая молекула этой частицы подвергается воздействию падающей электромагнитной волны независимо от других молекул; он предполагает, что решающую роль в атмосферном рассеянии играют частицы более крупные, чем молекулы. Считая, что эти частицы имеют сферическую форму, Рокар получает математическую связь среднего радиуса рассеивающей частицы с интенсивностями рассеянного частицей светового потока в различных направлениях. Определяя эти интенсивности путём неоднократных практических измерений, он выясняет характер рассеяния и находит из формул средний радиус рассеивающей частицы, приблизительно равный 0,055 микрон.

Зависимость интенсивности вторичного излучения от угла, составленного первичным и вторичным лучами, даётся в виде кривой (рис. 44), где пунктиром приведена зависимость по закону молекулярного рассеяния Релея. Для наблюдения в луче прожектора при небольших удалениях от прожектора интенсивность

рассеянного света в направлении наблюдателя представляется почти постоянной величиной (углы 135—180°), равной 0,48.

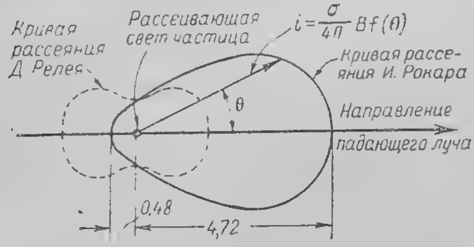


Рис. 44. Зависимость интенсивности рассеянного излучения от угла между падающим и рассеянным лучами по Релею и Рокару

Рокар принимает плотность рассеивающей частицы равной плотности воды и вводит предположение, что изменение пропускания атмосферы обусловлено не изменением размеров, а изменением числа частиц в единице объёма. Его формулы позволяют вычислить число таких частиц для различных коэфициентов пропускания, и он получает при коэфициенте пропускания на 1 *км*, равном 0,90, число частиц в 1 *см*³ 4 000, при пропускании 0,80 число частиц 16 000. Зависимость коэфициента пропускания от длины волны падающего светового потока, по Рокару, выражается формулой

$$t = e^{-\frac{C}{\lambda^{2,5}}}; \ \sigma = \frac{C}{\lambda^{2.5}}, \tag{110}$$

т. е. поглощение обратно пропорционально не четвёртой степени длины волны, а лишь степени 2,5.

Зависимость между коэфициентом поглощения на 1 *см* длины и коэфициентом пропускания на 1 *км* даётся в виде формулы

$$\sigma = \ln\left(\frac{1}{t}\right) \cdot 10^{-5}. \tag{111}$$

Приведённые здесь положения о рассеянии светового потока атмосферой и будут приниматься нами во внимание при исследовании вопросов видимости целей в луче и видимости светового сигнала.

Нередко является целесообразным практически измерить коэфициент прозрачности атмосферы t для слоя единичной толщины и только после этого судить о дальности видимости цели или сигнала. Вообще, существует достаточно много различных способов измерения коэфициента прозрачности, но лишь немногие из них пригодны для практического применения, так как многие методы требуют сложной аппаратуры.

К таким простым методам относится метод Виганда, который основан на принципе применения следующего довольно несложного прибора.

В круглом дискообразном корпусе прибора (рис. 45) помещается круглое стекло — фильтр, которое может вращаться вместе со своей оправой. На периферическую зону этого стекла нанесён желатиновый слой различной плотности так, что имеется некоторый участок, где плотность желатинового слоя ничтожно мала и стекло совершенно прозрачно. По мере удаления от этого

участка по окружности плотность желатинового слоя постепенно увеличивается и прозрачность стекла уменьшается, наконец, на некотором участке по окружности кольца плотность слоя настолько велика, что стекло почти непрозрачно. Таким образом, это стекло представляет собой кольцевой фотометрический клин. При вращении оправы со стеклом против глазка *1* в корпусе прибора будут устанавливаться различные участки фотометрического клина, и, наблюдая через глазок, можно к поглощению атмосферы на некотором участке добавить поглощение клина так, чтобы полное поглощение было равно единице и тогда видимость некоторого удалённого источника света через глазок прибора прекратится.

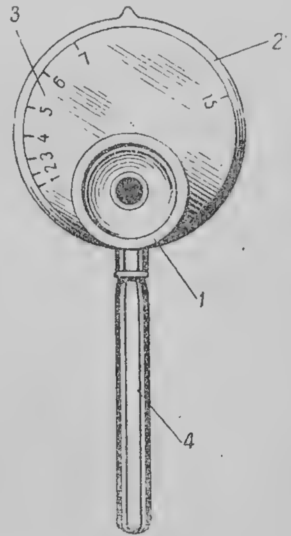


Рис. 45. Прибор Виганда для измерения прозрачности атмосферы: *1*—глазок прибора; *2*—подвижной ободок клина; *3*—шкала; *4*—рукоятка

Градуировка клина приборов Виганда должна производиться примерно в таких же условиях, в каких он будет работать. Для градуировки необходимо взять малое отверстие, перекрытое молочным стеклом, и с одной стороны от этого молочного стекла установить небольшую лампочку накаливания так, чтобы её можно было удалять от молочного стекла и тем изменять яркость отверстия. С другой стороны должен встать наблюдатель, который должен брать нейтральные фильтры с известным коэфициентом пропускания и, наблюдая через них отверстие, перемещением лампочки добиваться исчезновения видимости светящегося отверстия при наблюдении через фильтр. Затем этот же наблюдатель вместо нейтрального фильтра должен взять прибор Виганда и установить против глазка прибора такой участок клина, чтобы видимость светящегося отверстия прекратилась. Очевидно, что коэфициент пропускания этого участка клина будет равен коэфициенту пропускания взятого вначале нейтрального фильтра.

Таким способом, располагая несколькими нейтральными фильтрами, можно проградуировать прибор, т. е. определить коэфициенты пропускания различных участков кольцевого клина и, согласовав их с делениями, нанесёнными на приборе, получить кривую градуировки прибора.

При измерении коэфициента прозрачности атмосферы прибором Виганда следует поступать так. Установить некоторый источник света на расстоянии 0,5 *км* от наблюдателя, вооружённого прибором. Наблюдатель должен, рассматривая источник света в глазок прибора, вращением фотометрического клина добиться исчезновения видимости источника света, т. е. в этом

случае пороговая освещённость на зрачке глаза наблюдателя будет

$$E_{пор} = \frac{I}{L_1^2} t^{L_1} t'_ф, \tag{112}$$

где I — сила света источника в направлении на наблюдателя;
L_1 — расстояние между источником света и наблюдателем, равное 0,5 *км*;
t — коэфициент прозрачности атмосферы;
$t'_ф$ — коэфициент прозрачности участка фотометрического клина на приборе.

Затем необходимо источник света удалить от наблюдателя на новое расстояние $L_2 = 1{,}5$ *км* и проделать то же самое, погасив видимость источника при помощи дополнения поглощения атмосферы поглощением определённого участка клина.

Новое выражение для пороговой освещённости будет

$$E_{пор} = \frac{I}{L_2^2} t^{L_2} t''_ф, \tag{113}$$

где L_2 — расстояние между источником света и наблюдателем, равное 1,5 *км*;
$t''_ф$ — новый коэфициент прозрачности нового участка фотометрического клина.

Очевидно, значения пороговой освещённости, при которой источник света перестаёт быть видимым, для одного и того же наблюдателя как в первом, так и во втором случае будут одинаковы, и на этом основании можно определить коэфициент прозрачности атмосферы, решая совместно уравнения (112) и (113). Это решение даёт

$$t^{(L_2 - L_1)} = \left(\frac{L_2}{L_1}\right)^2 \frac{t'_ф}{t''_ф}, \tag{114}$$

или при $L_1 = 0{,}5$ *км* и $L_2 = 1{,}5$ *км* получаем

$$t = 9 \frac{t'_ф}{t''_ф}. \tag{115}$$

Коэфициенты прозрачности участков клина $t'_ф$ и $t''_ф$ необходимо взять по кривой градуировки прибора, против соответствующих отсчётов по шкале прибора в первом и во втором случаях.

При фотометрировании прожектора телефотометром коэфициент прозрачности атмосферы можно измерить таким способом. На расстоянии 0,5 *км* и 1,5 *км* от телефотометра устанавливается щит, освещённый осветительным прибором. Визируя телефотометр на щит, измеряют яркость изображения щита как в первом, так и во втором случае; яркость щита во втором случае будет уменьшена вследствие поглощения светового потока в толще среды в 1 *км*, поэтому мы получим различные отсчёты по шкале

телефотометра r_1 и r_2. Сравнивая яркости изображения щита, получим

$$B_1 = B_2 = C \frac{\rho}{\pi r_1^2} = \frac{1}{t} C \frac{\rho}{\pi r_2^2}, \qquad (116)$$

где C — постоянная телефотометра;

ρ — коэфициент отражения щита.

Из уравнения (116) можно определить коэфициент прозрачности t как

$$t = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2. \qquad (117)$$

Имеются и другие способы измерения коэфициента прозрачности, но все они применяются лишь при наличии специальной аппаратуры и широкого распространения в прожекторном деле не получили.

Следует заметить, что измерение коэфициента прозрачности следует производить не только при сравнительных испытаниях прожекторов или при опытах с прожекторами по выяснению некоторых вопросов, касающихся видимости целей, но и перед практической работой прожектора, так как это даёт определённые основания для суждения о возможной дальности видимости цели или сигнала в данных условиях.

20. Теория видимости целей А. Блонделя и Ж. Рея

Эквивалентная освещённость. Наибольшее распространение получила теория видимости целей в луче прожектора, разработанная А. Блонделем и Ж. Реем. Эта теория достаточно проста и удобна в практическом применении, но в то же время обладает существенными недостатками из-за приближённого решения проблемы и необходимости постоянно вносить поправки на основании новых опытных данных. Более подробно о недостатках этой теории будет сказано ниже.

Сущность этой теории состоит в следующем. Освещённость изображения цели на сетчатой оболочке глаза наблюдателя А. Блондель определяет так:

$$E_0 = \frac{I_{\text{пр}}}{L_1^2} t^{L_1 + L_2} j, \qquad (118)$$

где L_1 — удаление цели от прожектора;

L_2 — удаление цели от наблюдателя;

t — коэфициент прозрачности атмосферы;

j — коэфициент, выражающий влияние многих факторов, определяющих видимость цели, но не учтённых в выражении (118).

При помощи простых преобразований, переходя от освещённости цели к освещённости изображения её на сетчатой оболочке глаза, можно получить выражение для j в виде

$$j = \frac{\rho_д \delta}{\pi f^2 \cdot 10^4}, \tag{119}$$

где $\rho_д$ — коэфициент диффузного отражения света целью;
δ — площадь зрачка;
f — удаление сетчатки от хрусталика, или глубина глаза при данных условиях наблюдения.

Коэфициент j предполагается величиной постоянной для данных условий наблюдения, он зависит от свойств цели и глаза наблюдателя. Величина j будет заведомо меньше единицы, так как $\rho_д < 1$ и $\frac{\delta}{f^2} < 1$; затем замечаем, что величина j безразмерна.

Ж. Рей переносит коэфициент j в левую часть равенства и рассматривает отношение $\frac{E_0'}{j} = E_0$ как некоторую эквивалентную освещённость, которую должна получить сетчатка глаза для того, чтобы цель была видна наблюдателю. Величину же $\frac{I_{пр}}{10^6} = E_n$ Ж. Рей рассматривает как некоторую действующую освещённость, которая получается на расстоянии в 1 *км* от прожектора при абсолютно прозрачной атмосфере, или эта величина представляет собой силу света прожектора, выраженную в миллионах свечей. Таким образом, Ж. Рей приводит формулу (118) к виду:

$$E'_0 = \frac{E_n}{L_1^2} t^{L_1 + L_2}. \tag{120}$$

В этой формуле все значения L_1 и L_2 взяты в километрах. Практически возможны два случая: во-первых, когда наблюдатель находится на том же удалении от цели, что и прожектор, т. е. при незначительном удалении от прожектора разностью между дальностями L_1 и L_2 можно пренебречь и считать, что $L_1 = L_2$; во-вторых, возможен случай, когда L_1 не равно L_2, и разностью между ними пренебрегать нельзя. Для первого случая формула (120) будет

$$E'_0 = \frac{E_n}{L_1^2} t^{2L_1}. \tag{121}$$

Для удобства решения задач по определению дальности видимости целей в луче прожектора Ж. Рей на основании формулы (121) строит номограмму (рис. 46), исходя из следующих соображений. Логарифмируя обе части уравнения (121), получим

$$\lg\left(\frac{E'_0}{E_n}\right) = 2L_1 \lg t - 2\lg L_1. \tag{122}$$

Обозначая $\lg\left(\frac{E'_0}{E_n}\right)$ через y и $\lg t$ через x, получим уравнение первой степени

$$y = 2L_1x - 2\lg L_1 .$$

В этом уравнении y и x отрицательны, так как $\frac{E'_0}{E_n}$ меньше единицы и t меньше единицы, а логарифмы чисел, меньших единицы, отрицательны. Поэтому номограмма располагается в третьем квадранте системы координат. Чтобы при решении задач не определять сначала y и x, а затем переходить к $\frac{E'}{E_n}$ и t путём логарифмирования значений y и x, номограмма строится в логариф-

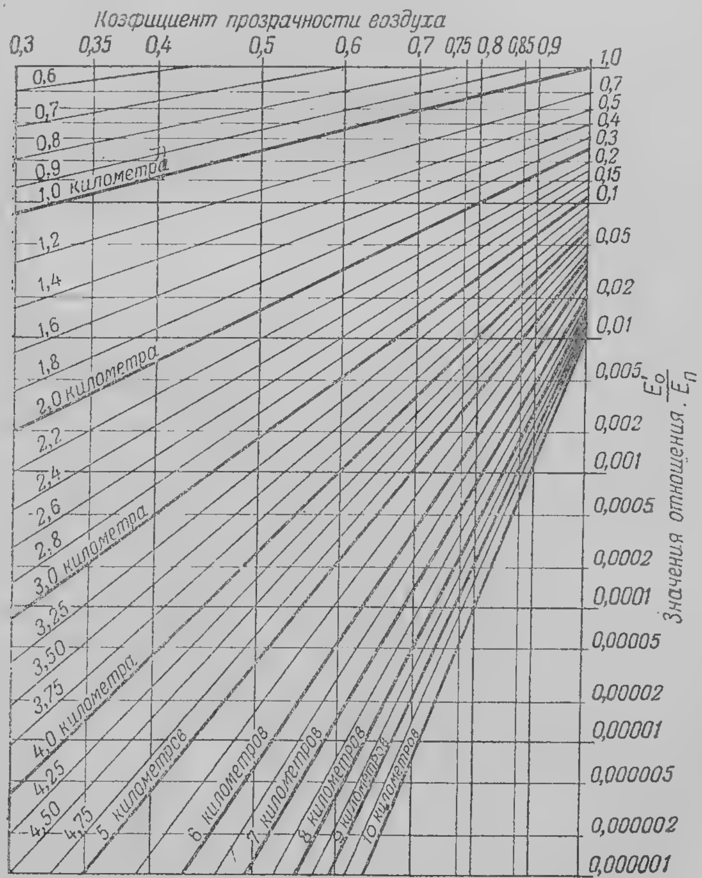


Рис. 46. Номограмма Рея № 1 (для случая, когда наблюдатель находится близко к прожектору)

мической сетке; причём для величины t берётся одна логарифмическая единица, так как t меняется от 0 до 1. Для отношения $\frac{E'_0}{E_n}$ берётся несколько логарифмических единиц, так как диапазон изменения этого отношения может быть достаточно широким.

Пользуясь этой номограммой Рея, можно решать задачи по определению любой из величин, входящих в формулу (121), если три другие величины будут известны. Наиболее важно то, что, пользуясь номограммой и опытными данными о дальности видимости той или иной цели в луче некоторого прожектора с силой света $I_{пр}$, или в миллионах свечей равной E_n при некоторой определённой прозрачности атмосферы t, можно определить значение эквивалентной освещённости E'_0. Найденные таким образом E'_0 сводятся в таблицы, чтобы потом при действии другими прожекторами, при других условиях прозрачности, но по той же цели, можно было определить новое значение дальности видимости L_1.

В самом деле, если известны L_1, E_n и t, то значение эквивалентной освещённости можно определить по номограмме следующим способом. Во-первых, выбираем определённую прямую линию, которая отвечает полученному значению L_1; во-вторых, отмечаем на этой линии точку, соответствующую заданному значению коэфициента прозрачности t, и, наконец, проводим из этой точки линию, перпендикулярную к оси y или оси, на которой отложены значения $\frac{E'_0}{E_n}$, и таким образом получаем искомую величину отношения $e = \frac{E'_0}{E_n}$. Зная величину e, легко находим эквивалентную освещённость, как $E'_0 = eE_n$.

Значения эквивалентных освещённостей для определённых целей, найденные по номограмме Рея на основании известных L_1, E_n и t, сводятся в таблицу, аналогичную табл. 3.

Таблица [illegible]

Объекты освещения	Эквивалентная освещённость для обнаружения цели в люксах		Эквивалентная освещённость для распознавания деталей в люксах	
	при пользовании биноклем	невооружённым глазом	при пользовании биноклем	невооружённым глазом
Группа пехоты на тёмном фоне	3,5	6,0	—	—
Отряд пехоты в тёмном обмундировании	1,80	—	—	—

Объекты освещения	Эквивалентная освещённость для обнаружения цели в люксах		Эквивалентная освещённость для распознавания деталей в люксах	
	при пользовании биноклем	невооружённым глазом	при пользовании биноклем	невооруженным глазом
Отряд кавалерии на тёмном фоне	1,4	—	—	—
Отряд пехоты на смешанном фоне	—	1,5	—	—
Большие массы пехоты на светлом фоне (снег) .	—	1,0	—	
Фортификационные укрепления на светлом фоне .	0,24	—	0,45	—
Светлоокрашенные строения	—	—	0,20	0,34
Светлосерые церкви . . .	—	—	0,23	—
Деревни, мосты, дороги .	0,27	0,37	0,50	—
Современный большой корабль	0,23	—	—	—
Эскадренный миноносец .	0,70	—	1,0	—
Парусное судно с тёмными парусами	0,60	—	—	—
Красный буй	1,0	—	—	—
Чёрный буй	4,8	—	—	—
Рубка подводной лодки . .	5,0	—	—	—
Самолет с защитной окраской	1,5	2,0	—	—
Самолёт светлоокрашенный	0,95	1,5	—	—
Дирижабль	0,45	0,75	—	—

Пользуясь номограммой на рис. 46 и выбирая E_0' из таблицы на основании того, что нам известно наименование цели и некоторые её свойства, мы можем определить дальность видимости цели в луче прожектора с известной силой света, выраженной в миллионах свечей, при известном коэфициенте прозрачности атмосферы. Для решения этой задачи сначала вычисляем величину отношения $\frac{E_0'}{E_n}$, затем отмечаем найденное значение этого отношения на оси $\frac{E_0'}{E_n}$ и проводим горизонталь, перпендикулярную к этой оси влево, до пересечения с вертикалью, соответствующей заданному значению коэфициента прозрачности. Точка пересечения этих прямых будет находиться или на одной из прямых линий, соответствующих определённой величине L_1, или между двумя такими прямыми.

Величину L_1 определяем или читая значение её против соответствующей прямой, или же беря некоторое среднее значение между двумя прямыми, интерполируя удаление от прямых линий. По номограмме можно найти также значение той силы

света прожектора, которая необходима для того, чтобы та или иная цель при определённых условиях прозрачности атмосферы была видна наблюдателю на некотором определённом расстоянии. В этом случае, пользуясь известной величиной, выбираем определённую прямую дальности и отмечаем на ней точку, соответствующую заданному значению коэфициента прозрачности атмосферы, затем из этой точки опускаем перпендикуляр на ось отношения $E'_0/E_n = e$ и находим величину этого отношения, а по нему определяем $E_n = E'_0/e$ и силу света прожектора как $E_n \cdot 10^6$.

По номограмме можно также определить, при каких условиях прозрачности та или иная цель будет видна наблюдателю в луче данного прожектора на определённой дальности L_1. Методика решения этой задачи так же проста, как и предыдущих задач.

Эквивалентная прозрачность. Когда расстояние от прожектора до цели не равно расстоянию от наблюдателя до цели и в формуле (121) нельзя брать t^{2L_1}, а следует брать $t^{L_1+L_2}$, приведённая на рис. 46 номограмма непригодна. Так как в практике бывают случаи, когда наблюдатель располагается впереди прожектора, то Реем была предложена другая номограмма (рис. 47). Выполняется эта номограмма при помощи расчёта по методу выравненных точек. Здесь прямые дальности пересекаются семейством кривых особого коэфициента K, который характеризует относительное расположение наблюдателя и определяется выражением

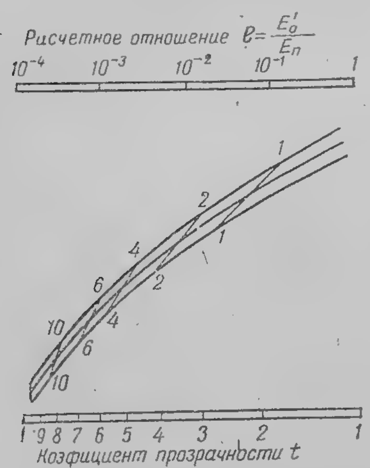


Рис. 47. Номограмма Рея № 2 (для случая, когда удаление наблюдателя от цели не равно удалению прожектора от цели)

$$K = \frac{L_2}{L_1} = \frac{\text{дальность наблюдения}}{\text{дальность освещения}}.$$

Пользование этой номограммой хотя и несложно, но для получения необходимой точности требуется достаточно большой её размер, что является крупным недостатком, и поэтому она не получила распространения.

Оказывается более удобным, наряду со значением эквивалентной освещённости, выработать некоторое значение эквивалентной прозрачности атмосферы для двух различных расстояний L_1 и L_2 и затем, пользуясь этой эквивалентной прозрачностью, решать все задачи по определению величин, входящих в формулу (120), по первой, более простой, номограмме Рея (см. рис. 46).

Принцип введения эквивалентной прозрачности предложен Батифулье, и им же предложена номограмма для определения

этой величины, которая строится на основании следующих соображений. При раздельном расположении прожектора и наблюдателя исходное положение А. Блонделя и Ж. Рея будет

$$e = \frac{E'_0}{E_n} = \frac{t^{L_1 + L_2}}{L_1^2}\,; \tag{123}$$

так как

$$\frac{L_2}{L_1} = K,$$

то

$$L_2 = KL_1,$$

и выражение (123) можно переписать так:

$$e = \frac{t^{(1+K)L_1}}{L_1^2}\,. \tag{124}$$

Пусть то же значение расчётного отношения при некоторой другой прозрачности t_1, называемой эквивалентной прозрачностью, отвечает совместному расположению прожектора и наблюдателя при дальности L_1. Тогда имеем:

$$e = \frac{t_1^{2L_1}}{L_1^2} = \frac{t^{(1+K)L_1}}{L_1^2}\,; \tag{125}$$

откуда

$$t_1 = t^{1/2(1+K)}\,. \tag{126}$$

Логарифмируя равенство (126), получим

$$\lg t_1 = {}^1/_2(1+K)\lg t = {}^1/_2 \lg t + {}^1/_2 K \lg t. \tag{127}$$

Уравнение (127) можно представить в виде номограммы: здесь t_1 — искомая величина, K — независимая переменная и t — параметр. Обозначая $y = \lg t$, $x = K$ и принимая ${}^1/_2 \lg t = B$ за параметр, получаем

$$y = B + xB. \tag{128}$$

Это уравнение отвечает прямой линии в полулогарифмической сетке, причём, так как $t < 1$, то $\lg t < 0$, а значит, и $B < 0$; все прямые могут быть расположены в четвёртом квадранте.

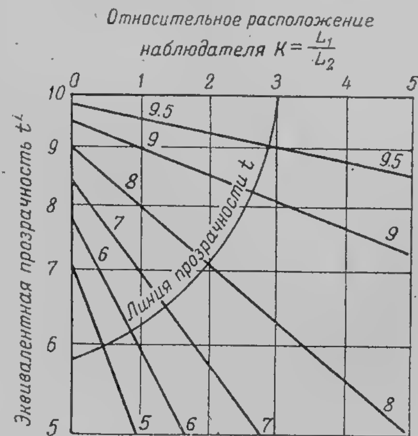


Рис. 48. Схема номограммы Батифулье для вычисления эквивалентной прозрачности

Задавая параметру t различные значения, получим семейство прямых, образующих номограмму Батифулье, представленную на рис. 48. Таким образом, при раздельном расположении прожектора и на-

блюдателя можно решать задачи на определение всех величин, входящих в формулу (120), пользуясь совместно номограммой Батифулье и номограммой Рея. По номограмме Батифулье можно находить значение эквивалентной прозрачности t_1 при известных значениях L_1 и L_2.

Эквивалентную прозрачность можно определить таким способом. Взять вертикальную прямую, соответствующую определённому значению K, и по ней опуститься вниз до наклонной прямой, отвечающей заданному значению t; из точки пересечения вертикали с наклонной прямой провести горизонтальную линию, перпендикулярную к оси t_1, и на этой оси прочесть найденное значение t_1. Зная величину эквивалентной прозрачности, можно пользоваться для определения других величин номограммой № 1 Рея.

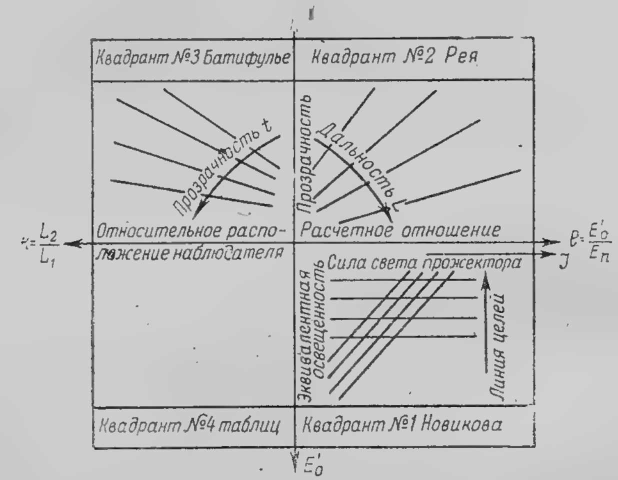


Рис. 49. Схема комбинированной номограммы В. В. Новикова (сама номограмма дана в приложении 4)

Комбинированная номограмма Новикова. Наиболее удобно можно решать все задачи, связанные с дальностью видимости цели в луче прожектора, основываясь на принципах теории Блонделя-Рея, при пользовании комбинированной номограммой проф. В. В. Новикова (рис. 49). Эта номограмма состоит из трёх связанных между собой номограмм, расположенных по трём квадрантам, как это показано на рисунке (номограмма дана в приложении 5). В правом верхнем квадранте № 2 располагается номограмма Рея, причём оси ориентированы так, что на вертикальной оси в логарифмическом масштабе отложены значения коэфициента прозрачности воздуха t, а по горизонтальной оси — значения расчётного отношения e, тоже в логарифмическом масштабе.

В левом верхнем квадранте № 3 располагается номограмма Батифулье, причём на оси ординат отложены значения коэфи-

циента эквивалентной прозрачности в том же масштабе, что и в квадранте № 2 Рея. По оси абсцисс отложены значения коэфициента $K=\frac{L_2}{L_1}$, указывающего позицию наблюдателя.

В правом нижнем квадранте № 1 располагается номограмма В. В. Новикова, которая устанавливает зависимости между значением расчётного отношения $e=\frac{E'_0}{E_n}$, величиной эквивалентной освещённости E'_0 и силой света имеющихся прожекторов. Значения расчётного отношения e нанесены по оси абсцисс так же, как это сделано и в квадранте Рея. Значения эквивалентной освещённости нанесены по оси ординат, причём, учитывая диапазон установленных значений E'_0 от 0,2 до 6 *лк*, взяты две логарифмические единицы. Из соотношения $e=\frac{E'_0}{E_n}$ следует, что $E'_0=$ $=eE_n$, почему после логарифмирования получаем

$$\lg E'_0=\lg e+\lg E_n\,. \qquad (129)$$

Это уравнение аналогично уравнению $y=b+x$, т. е. в логарифмической сетке отвечает прямой линии, имеющей наклон 45° и расположенной сообразно постоянной $b=\lg E_n$. Так как каждому типу прожектора соответствует определённая сила света, а следовательно, и определённое значение $E_n=I\cdot 10^6$, то для каждого прожектора может быть прочерчена определённая прямая, отвечающая силе света прожектора. Всего в этом квадранте прочерчено 15 наклонных линий, отвечающих наиболее часто встречающимся прожекторам.

По верхней рамке квадранта нанесена шкала для отсчёта максимальной силы света прожекторов I_{max}, что позволяет при решении задач оперировать непосредственно и с этой величиной. Для облегчения пользования номограммой, кроме основной масштабной сетки для значения E'_0, проведены 15 горизонтальных линий, отвечающих значениям эквивалентной освещённости основных целей. На полях квадранта против каждой такой линии поставлен условный знак, отвечающий условным знакам в справочной таблице, помещённой в четвертом квадранте.

Четвёртый квадрант использован для помещения двух справочных таблиц. В одной приводятся данные наиболее часто встречающихся прожекторов, причём каждый прожектор имеет номер, под которым обозначена его линия в квадранте № 1.

В другой таблице приведены значения эквивалентной освещённости для основных целей, причём каждая цель имеет условный знак, под которым обозначена горизонталь в квадранте № 1.

Задачи, решаемые при помощи номограммы, могут быть разделены на две группы. Первая группа задач характеризуется условием, что $L_1=L_2$, т. е. наблюдатель находится около прожектора. Другими словами, это будут задачи, которые решаются

при помощи номограммы № 1 Рея и решение которых было разобрано ранее. Вторая группа задач характеризуется тем условием, что $L_1 \neq L_2$, т. е. удаление цели от прожектора не равно удалению наблюдателя от цели. Другими словами, это будут задачи, которые решаются при помощи номограммы № 2 Рея (см. рис. 47) и при совместном использовании номограммы Батифулье и номограммы № 1 Рея.

К этому следует добавить, что наличие квадранта № 1 с нанесёнными линиями и масштабом для силы света прожекторов упрощает технику вычисления, и результат получается быстрее, чем при пользовании другими номограммами.

Пользование комбинированной номограммой поясняется на девяти примерах, решения которых приводятся внизу под номограммой, данной в приложении 5.

В дополнение необходимо отметить, что, во-первых, номограмма пригодна только для решения задач при условии, что наблюдатель расположен у прожектора или смещён вдоль луча прожектора (вперёд или назад). При боковом смещении наблюдателя дальность видимости цели повышается вследствие того, что улучшаются контрастные условия наблюдения, ибо яркость фона уменьшается, а яркость цели остаётся неизменной. Уменьшение видимой яркости фона объясняется тем, что наблюдатель смотрит на цель через меньшую толщу луча и в его направлении световой поток рассеивает меньшая толща среды с меньшим количеством частиц. Кроме того, при боковом смещении наблюдателя дальность видимости увеличивается вследствие того, что наблюдатель, удалённый от прожектора, оказывается адаптирован на меньшие освещённости, так как он не подвергается такому сильному воздействию рассеянного светового потока на кромках луча и светового потока, выходящего из прожектора вне границ основного луча, поэтому чувствительность зрительного аппарата наблюдателя повышена.

Во-вторых, вообще метод Блонделя-Рея не учитывает некоторые переменные свойства цели, влияние рассеяния света частицами атмосферы и наложения на основную яркость цели рассеянных яркостей, влияние фона и его яркости, расположения цели в луче прожектора, некоторые переменные свойства глаза наблюдателя, который может находиться в различных условиях, и многие другие весьма важные факторы. Бесспорным преимуществом теории Блонделя-Рея являются простота и удобство использования для быстрых практических вычислений.

21. Теория видимости целей в луче прожектора Рокара

Современная теория, изложенная И. Рокаром[1], заслуживает особого внимания прожектористов и должна обязательно изу-

[1] Краткий перевод первых глав работы И. Рокара помещён в книге И. Б. Левитина „Параболические прожекторы". Наиболее полно теория Рокара изложена на русском языке в книге проф. Н. А. Карякина „Прожекторы", Энергоиздат, 1941 г.

чаться ими, так как она даёт исчерпывающие ответы на все основные вопросы, возникающие при применении прожекторов для освещения удалённых объектов и для сигнализации.

В основу теории И. Рокара положено, во-первых, его исследование свойств реальной атмосферы (рассеяние и поглощение света); во-вторых, проведённые им вычисления первичной и вторичной яркости фона и кажущейся яркости цели при различных положениях её в луче и при различных боковых удалениях наблюдателя от прожектора; в-третьих, его исследования в области применения биноклей для наблюдения при работе прожектора.

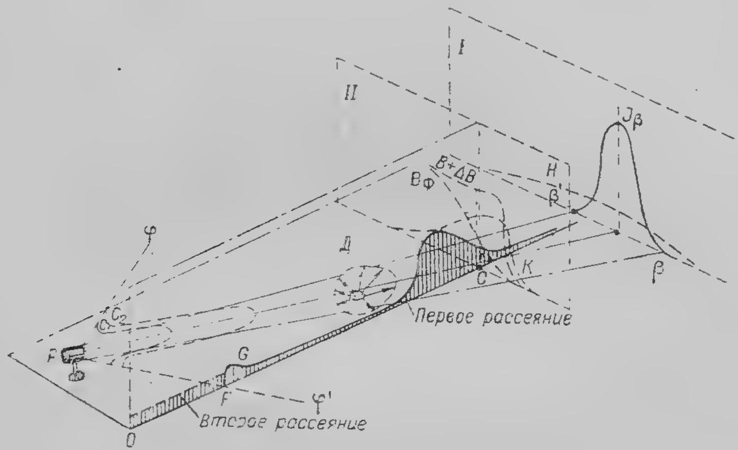


Рис. 50. Явление видимости цели в луче прожектора по И. Рокару

Общая схема, поясняющая явления видимости цели в луче прожектора по Рокару, представлена на рис. 50. Здесь прожектор P освещает цель C, а наблюдатель находится в точке O. Основной луч прожектора заключён в пределах угла $P\beta\beta'$, а геометрические пределы рассеянного светового потока, выходящего из прожектора, ограничиваются углом $P\varphi\varphi'$. В плоскости $P\varphi\varphi'$ соединены пунктирными линиями элементы, одинаково рассеивающие световой поток, и таким образом получены кривые одинаковой рассеянной яркости C_1C_2. В точке $Д$ находится некоторый рассеивающий элемент и стрелками условно показано рассеяние света по различным направлениям. В плоскости I, перпендикулярной к плоскости $P\varphi\varphi'$, представлена кривая распределения силы света прожектора $I = f(\beta)$. Рассеянный световой поток создаёт вторичную освещённость предметов, и величина этой освещённости будет пропорциональна ординатам кривой H, показанной в этой же плоскости. Наблюдатель, находящийся в точке O, рассматривает цель C, и на всём пути OC на него действуют

рассеянные яркости, изображённые кривой G. Площадь кривой G до точки C представляет собой рассеянную яркость перед целью $B_{рп}$, которая получается в результате первого рассеяния светового потока луча и накладывается на первичную основную яркость цели $B'_{ц}$. От точки O до точки F имеет значение лишь яркость вторичного рассеяния светового потока, а от точки F и до ∞ — первичное и вторичное рассеяния. Если цель C рассматривается на фоне неба, то площадь ограничения кривой G, продолженной до бесконечности, будет представлять собой яркость фона. Яркость фона И. Рокар вычисляет по формуле

$$B_{ф} = B'_{рп} + B'_{рш} + B'_{рз} + B''_{р}\,, \tag{130}$$

где $B'_{рп}$ — рассеянная яркость перед целью в пределах основного пучка света $P\beta\beta'$;

$B'_{рш}$ — рассеянная яркость перед целью в пределах широкого пучка света $P\varphi\varphi'$;

$B'_{рз}$ — рассеянная яркость позади цели;

$B''_{р}$ — яркость вторичного рассеяния по отношению к глазу наблюдателя.

Яркостный контраст Рокар вычисляет по формуле:

$$K = \frac{B_{ц} - B_{ф}}{B_{ф}} = \frac{\Delta B}{B_{ф}} = \frac{(B'_{ц}+B''_{ц}+B'_{рп}+B'_{рш}+B''_{р}) - (B'_{рп}+B'_{рз}+B'_{рш}+B''_{р})}{(B'_{рп}+B'_{рз}+B'_{рш}+B''_{р})} =$$

$$= \frac{B'_{ц} + B''_{ц} + B'_{рз}}{B'_{рп} + B'_{рз} + B'_{рш} + B''_{р}}\,, \tag{131}$$

где $B'_{ц}$ — яркость цели, полученная в результате прямого освещения лучом прожектора, с учётом поглощения света средой;

$B''_{ц}$ — яркость цели в результате освещения её рассеянным светом самого луча.

Если изменять положение цели в луче и вычислить яркость фона и контрастность по проведённым выше формулам, то можно получить кривые зависимости: $B_{ф} = f_1(\beta)$; $K = f_2(\beta)$ и $B_{ц} = B_{ф} + \Delta B = f_3(\beta)$. Эти кривые и приведены на плоскости II рис. 50.

Для вычисления $B_{ф}$ и K, которые и являются основными расчётными величинами в теории Рокара, необходимо прежде всего уметь вычислять шесть значений яркости ($B'_{ц}$; $B''_{ц}$; $B'_{рз}$; $B'_{рп}$; $B'_{рш}$ и $B''_{р}$), обладающих различной физической сущностью. Не имея возможности здесь, при кратком изложении, давать полный вывод формул и обоснование расчётов рассеянных яркостей, приведём лишь конечные расчётные формулы для них в табл. 4.

Таблица 4

№ по пор.	Определяемая величина	Формула для расчёта		Обозначения	Примечание
		Цель на оси луча или близко к оси	Цель не на оси луча		
1	Яркость цели от прямого освещения	$B'_ц = \frac{\rho I_{max} t^{2L}}{\pi L^2 10^6} 10^{-4}$	$B'_ц = \frac{\rho I_\beta t^{2L}}{\pi L^2 10^6} 10^{-4}$	I_{max} — сила света по оси луча; I_β — сила света под углом β; ρ — альбедо цели	Все величины яркости выражены в стильбах
2	Яркость цели от освещения её рассеянным светом луча	$B''_ц = \frac{2,36\, \rho\sigma\, \Phi t^{2L}}{\pi^2 L^2 \beta^2}$*	$B''_ц = \frac{0,36 \rho\sigma\, \Phi t^{2L}}{\pi l}$	$\sigma = \ln\left(\frac{1}{t}\right) \cdot 10^{-5}$ t — коэфициент прозрачности атмосферы; Φ — световой поток прожектора; β — угол рассеяния луча; l — удаление цели от оси луча	Формула* справедлива и для случая, когда цель вовсе не находится в основном луче
3	Рассеянная яркость перед целью в пределах основного пучка $P\beta\beta'$	$B'_{рп} = \frac{0,48 \cdot 2 \cdot 10^4}{4\pi} \sum_{\beta=0,025}^{\beta=0} \frac{I_\beta}{L^2} t^L$	$B'_{гп} = \frac{0,48 \cdot 2 \cdot 10^4}{4\pi} \sum_{\beta=0,025}^{\beta=\beta_ц} \frac{I_\beta}{L^2} t^L$	L — дальность до цели; β — угол от оси луча в радианах; $\beta_ц$ — угол положения цели от оси луча	Производится суммирование яркостей, вычисленных через каждые 200 *м*, вдоль линии визирования

№ по пор.	Определяемая величина	Формулы для расчёта		Обозначение	Примечание
		Цель на оси луча или близко к оси	Цель не на оси луча		
4	Рассеянная яркость в пределах широкого пучка $P\varphi\varphi'$	$B'_{рш} = \frac{0,18}{4\pi}\frac{\sigma}{\delta}\int\limits_{\beta_1}^{\beta} I_\beta d\beta$		δ — удаление наблюдателя от прожектора; β — угол рассеяния, отвечающий минимальной I_β	Интеграл решается графически или заменяется суммой
5	Рассеянная яркость позади цели в основном луче	$B'_{рз} = \frac{0,48\,\sigma\delta}{4\,\pi\delta^2}\int\limits_{\infty}^{\beta_0} I_\beta\, e^{-\frac{2\sigma\delta}{\psi+\beta}} d\beta = \frac{C}{\delta^2}$		ψ — угол между линией визирования и осью луча; C — постоянное значение интеграла при определённом значении σ и δ	Можно при вычислении пользоваться формулой для $B'_{рп}$ или использовать выражение $B'_{рз}\delta^2 = C$
6	Рассеянная яркость вторичного рассеяния для глаза наблюдателя	$B''_{р} = \frac{\sigma}{32\,\pi}\,\Phi\,\frac{1,32}{\delta} + \frac{\sigma}{16\,\pi}\,\Phi\,\frac{2,69}{\omega}\int\limits_{\frac{4\sigma\delta}{\omega}}^{\infty}\frac{e^{-x}}{x}dx$		Взят один из семи возможных случаев, когда линия наблюдения в пределе приближается к параллельности с осью луча	

Прежде чем дать окончательное выражение для расчёта видимости цели в луче прожектора, И. Рокар, ссылаясь на многих исследователей, говорит, что они неоднократно указывали на условия видимости, связывающие три величины: яркостный контраст K, яркость фона $B_ф$ и угловые размеры рассматриваемого предмета γ. На этом основании Рокар считает необходимым вывести формулу условий видимости из испытаний, проведённых им над прожекторами, чтобы получить наилучшее совпадение экспериментальных данных с расчётными при освещённостях от 0,001 до 1 *лк*. Исследуя несколько выражений вида $f(K, B_ф, \gamma)$, Рокар находит, что наиболее общей формулой видимости в этих условиях будет

$$\lg B_ф = a \lg (K - \varepsilon) - b \lg \gamma - c, \qquad (132)$$

где a, b и c — величины, являющиеся в первом приближении функциями угла γ;

K — яркостный контраст, равный $\frac{\Delta B}{B_ф}$;

ε — пороговое значение яркостного контраста, которое принимается равным 0,015, т. е. 1,5 %;

$B_ф$ — выражено в апостильбах, γ — в радианах.

Величина a определялась Рокаром опытным путём при некоторых вполне определённых условиях, и он нашёл, что зависимость a от угла γ выражается достаточно точно уравнением

$$a = \frac{0{,}015 + 2\gamma}{0{,}015 + \gamma}. \qquad (133)$$

Величины b и c при тех же условиях видимости были определены и оказались постоянными, причём $b = 1{,}55$ и $c = 5{,}10$. Тогда формула (132) может быть окончательно переписана так:

$$\lg B_ф = -\frac{0{,}015 + 2\gamma}{0{,}015 + \gamma} \lg (K - 0{,}015) - 1{,}55 \lg \gamma - 5{,}10. \qquad (134)$$

Пользуясь уравнением (134), Рокар и решает некоторые конкретные задачи видимости, сопоставляя опытные и расчётные данные. Когда требуется определить дальность видимости той или иной цели в луче данного прожектора, следует, задавшись расположением цели в луче, её размерами, расположением наблюдателя относительно прожектора и зная, каким оптическим прибором он может пользоваться, вычислить $B_ф$, K и γ. Подставив значения K и γ в правую часть уравнения (134) и $B_ф$ в левую часть, смотрим: если правая часть окажется больше левой, значит цель при этих условиях не будет видна в луче прожектора; если же правая часть меньше левой, значит цель будет видна.

Прежде чем применять формулу видимости (134) для конкретного случая, необходимо определить угол γ в зависимости от угловых размеров цели как $\gamma=\frac{l}{L}$, где l — наибольший или средний размер цели, L—удаление цели. Затем следует установить диаметр зрачка d при данных условиях наблюдения и найти новый угол γ по формуле

$$\gamma_1 = \frac{\gamma}{1+\frac{(d-4)^2}{20}}. \tag{135}$$

Эту формулу Рокар приводит, ссылаясь на исследование остроты зрения при малых освещённостях, когда контрастность была равна единице. Это исследование показывает, что при диаметре зрачка от 2 до 4 *мм* острота зрения практически почти не меняется, при больших диаметрах она убывает примерно по параболической кривой. Так как в формулу (135) входит диаметр зрачка d, то при расчётах видимости цели по формуле (134) имеется возможность учесть влияние бинокля на увеличение видимых угловых размеров цели и на снижение яркости вследствие поглощения светового потока в оптической системе бинокля[1].

Рокар, производя практические расчеты видимости, полагает, что прозрачность всех биноклей равна 0,45, а диаметры зрачков принимает: для невооружённого глаза $d=7$ *мм*.

Бинокль	8×50	6×36	12×50	24×85
d	6,66	5,0	4,0	3,7

При расчетах видимости в правой части равенства (134) следует угол γ заменять углом γ_1, найденным по формуле (135), с учётом диаметра зрачка глаза или прибора; кроме того, при наблюдении в бинокль найденную величину $B_ф$ следует множить на светосилу бинокля, равную

$$C=t\left(\frac{d}{d_0}\right)^2, \tag{136}$$

где t — коэфициент прозрачности оптики бинокля;
d — диаметр выходного зрачка бинокля;
d_0 — диаметр зрачка глаза.

Чтобы упростить вычисления, Рокар в некоторых случаях пользуется вспомогательными допущениями. Так, например, расчёт необходимой силы света для обеспечения видимости цели он производит следующим образом. Если некоторая цель видна в луче прожектора с силой света I_3 на некотором расстоянии

---

[1] Более подробно влияние бинокля на видимость поясняется в следующем параграфе.

L, то при удалении цели на расстояние $L' > L$ потребуется для её видимости большая сила света I'_β.

Можно допустить, что отношение этих сил света равно отношению яркостей фона, т. е.

$$\frac{I'_\beta}{I_\beta} = \frac{B'_\text{ф}}{B_\text{ф}}, \quad \text{или} \quad I'_\beta = I_\beta \frac{B'_\text{ф}}{B_\text{ф}}. \qquad (137)$$

Это допущение возможно потому, что при увеличении силы света контраст не изменится, так как и яркость фона и яркость цели будут иметь один и тот же общий множитель. Изменение условий наблюдения при удалении цели может быть учтено формулой (134), определяющей яркость фона при изменившихся угловых размерах цели, но при том же контрасте, необходимом для различения. В связи с этим Рокар вводит понятие о гомотетическом прожекторе, т. е. таком прожекторе, у которого все ординаты кривой распределения силы света отличаются от ординат кривой типового прожектора на величину одного и того же постоянного множителя.

Пользуясь расчётными формулами табл. 4, формулами (134), (135) и (137), Рокар производит расчёт видимости цели в луче прожектора, кривая распределения силы света которого задана в табл. 5.

Таблица 5

Угол β в радианах	Сила света I_ρ в свечах	Угол β в радианах	Сила света I_ρ в свечах	Угол β в радианах	Сила света I_ρ в свечах
0	$350 \cdot 10^6$	0,025	$2{,}05 \cdot 10^6$	0,200	$1{,}92 \cdot 10^4$
0,004	$310 \cdot 10^6$	0,030	$2{,}05 \cdot 10^6$	0,300	$1{,}1 \cdot 10^4$
0,005	$300 \cdot 10^6$	0,040	$2{,}05 \cdot 10^6$	0,400	$1{,}1 \cdot 10^4$
0,007	$260 \cdot 10^6$	0,050	$2{,}3 \cdot 10^5$	0,500	$2{,}4 \cdot 10^4$
0,010	$150 \cdot 10^6$	0,060	$3{,}3 \cdot 10^5$	0,545	$4{,}1 \cdot 10^4$
0,014	$45 \cdot 10^6$	0,070	$2{,}3 \cdot 10^5$	0,600	$2{,}8 \cdot 10^4$
0,020	$3{,}7 \cdot 10^6$	0,100	$6{,}10 \cdot 10^4$	0,600	0

Целью является корабль $10{,}5 \times 10{,}5$ *м* с общим альбедо 0,2. Наблюдатель находится на расстоянии 40 и 80 *м* от прожектора при коэфициенте прозрачности атмосферы 0,95 и пользуется различными биноклями.

Во-первых, производится расчёт яркостей первого и второго рассеяний и яркости фона по формулам табл. 4 и по формуле

(131). Этот расчёт произведён для нескольких положений цели в луче прожектора. Результаты этого расчёта даны в виде кривых на рис. 51, где по оси абсцисс отложены угловые смещения цели от оси луча в радианах, причём за положительные приняты смещения в сторону наблюдателя, а за отрицательные — в противоположную сторону. На оси ординат нанесены яркости рассеяния от 0 до $9 \cdot 10^{-6}$ *сб*. Кривая *I* представляет собой яркость первого рассеяния в слое среды от цели и до бесконечности $B'_{рз}$. Кривая *II* даёт рассеянную яркость перед целью в пределах основного луча $P\beta\beta'$, т. е. $B'_{рп}$. Кривая *III* представляет собой яркость первого рассеяния в пределах широкого луча, т. е. $B'_{рш}$. Кривая *IV* даёт для сравнения яркость вторичного рассеяния $B''_{р}$. Пользуясь кривыми рис. 51, можно определить все интересующие нас яркости. Так, например, если цель находится на оси луча, то яркость фона будет

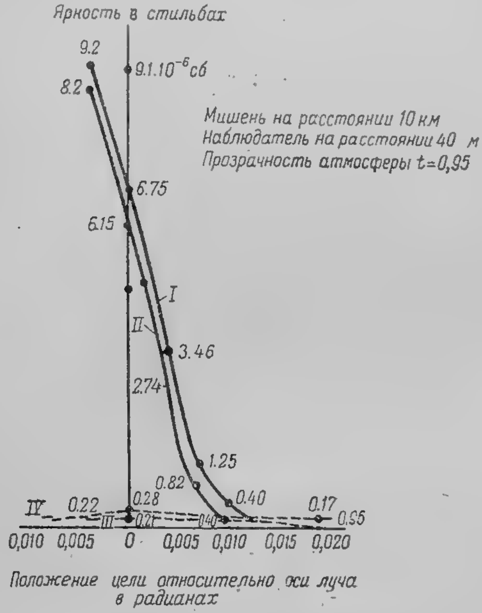


Рис. 51. Кривые рассеянных яркостей при нескольких положениях цели в луче.

$$B_{ф} = (B'_{рз} + B'_{рп}) + B'_{рш} + B''_{р} =$$

$$= 6,75 \cdot 10^{-6} + 0,21 \cdot 10^{-6} + 0,29 \cdot 10^{-6} = 7,25 \cdot 10^{-6} \ сб.$$

Яркость, наложенная на прямую яркость цели,

$$B'_{рп} + B'_{рш} + B''_{р} = 6,15 \cdot 10^{-6} + 0,21 \cdot 10^{-6} + 0,29 \cdot 10^{-6} = 6,65 \ сб.$$

Если же цель смещена в сторону от оси, например на угол $\beta = 0,010$ радиан, тогда яркость фона будет

$$B_{ф} = 0,40 \cdot 10^{-6} + 0,11 \cdot 10^{-6} + 0,20 \cdot 10^{-6} = 0,71 \cdot 10^{-6} \ сб,$$

и дополнительная яркость цели будет

$$B'_{рп} + B'_{рш} + B''_{р} = 0,089 \cdot 10^{-6} + 0,11 \cdot 10^{-6} + 0,20 \cdot 10^{-6} = 040 \cdot 10^{-6} \ сб.$$

Далее Рокар, пользуясь формулой (134) и следующими, выясняет, во-первых, влияние углового положения цели в луче про-

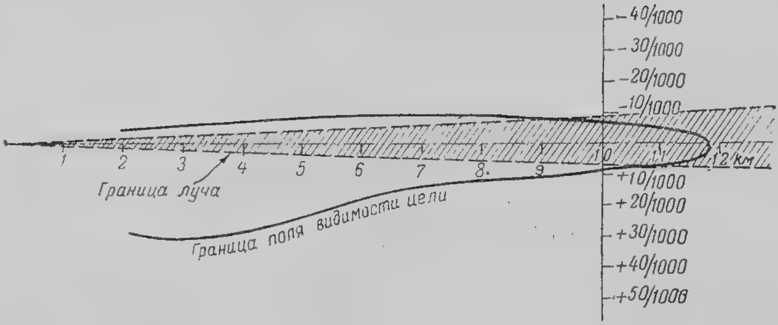


Рис. 52. Границы поля видимости цели в луче прожектора

жектора на видимость этой цели. На рис. 52 приведена кривая, ограничивающая поле видимости указанной цели при $\delta = 40$ *м*, $t=0{,}95$, при условии, что наблюдатель вооружён биноклем 6×36. Из рисунка видно, что на дистанции в 9 *км* и более цель видна только в центральной части луча, на дистанции в 4 *км* цель видна в пределах угла —0,020 до +0,070, так как в этом случае значительное влияние оказывает освещение цели рассеянным светом. Кроме того, приводятся кривые границ поля видимости в зависимости от силы света прожектора для различных условий наблюдения, например подобные кривые на рис. 53. Здесь на оси абсцисс отложены угловые положения той же цели в луче (знак „+", если в сторону наблюдателя; знак „—", если в противоположную сторону). По оси ординат отложены значения силы света, обеспечивающие видимость для наблюдателя, находящегося в 40 и 80 *м* от прожектора и вооружённого биноклем 6×36 или 8×50, или 12×50. Эти кривые построены для случая, когда указанная цель находится на расстоянии 12 *км*. Если же построить кривые для той же цели, находящейся на другом расстоянии, то, пользуясь серией таких кривых, можно получить кривые зависимости дальности видимости цели от силы света

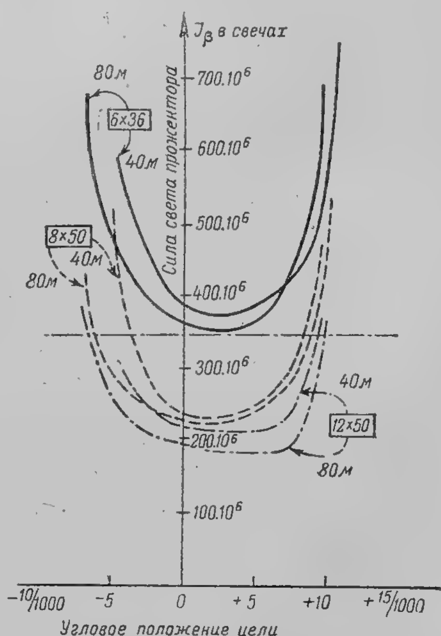


Рис. 53. Ширина границ поля видимости в зависимости от силы света прожектора при различных условиях наблюдения

прожектора, подобные кривым на рис. 54, где каждая кривая относится к определённым условиям наблюдения.

На основании серии вычислений, произведённых для различных прозрачностей атмосферы, Рокар приводит обобщающие

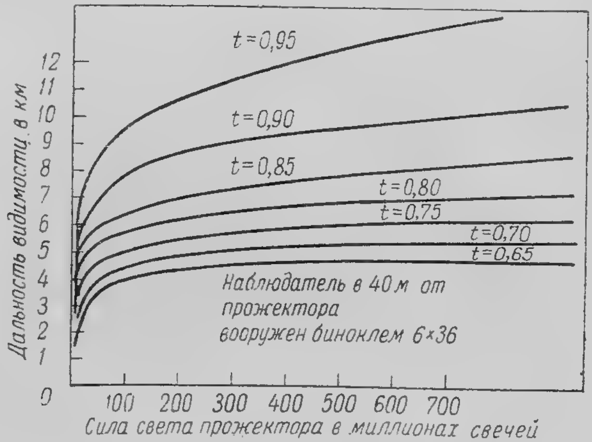


Рис. 54. Кривые зависимости дальности видимости цели от силы света прожектора

кривые дальности видимости цели в зависимости от силы света прожектора (рис. 55), а также кривые дальности видимости цели в зависимости от коэфициента прозрачности при трёх значениях силы света прожектора. Рокар берёт три прожектора: один типовой, у которого $I_{max}=350 \cdot 10^{6}$ св., другой с силой света в четыре раза большей, а третий с силой света в четыре раза меньшей,

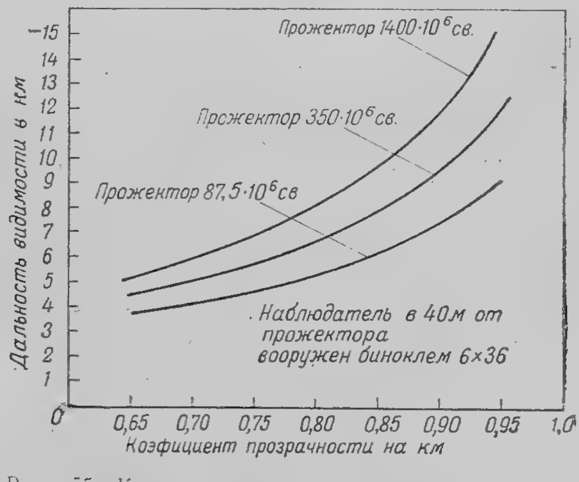


Рис. 55. Кривые зависимости дальности видимости цели от прозрачности атмосферы

чем у типового. Пользуясь теорией Рокара, можно решать все задачи по расчёту видимости целей в луче прожектора, причём имеется возможность получить решение, подтверждающееся опытом, так как эта теория учитывает совокупность весьма многих факторов. Раскрывая более полно сущность явления видимости целей в луче прожектора, теория Рокара заслуживает внимания, и её следует выделять из других работ по этому вопросу.

22. Роль бинокля при наблюдении целей в луче прожектора

Значение бинокля. Перед современной техникой дальнего освещения и световой сигнализации ставится главнейшая задача — увеличение дальности видимости освещаемого объекта и дальности видимости светового сигнала.

На основании изложенных ранее принципов теории видимости объектов в луче прожектора можно заключить, что дальность видимости может быть увеличена не только за счёт увеличения силы света прожекторов и не только путём уменьшения рассеянного светового потока на кромках луча, мешающего наблюдению. Дальность видимости целей, освещённых прожектором, может быть увеличена за счёт значительного удаления наблюдателя в сторону от прожектора и снабжения наблюдателя системой дистанционного управления.

Возможность поставить наблюдателя таким путём в более выгодные условия была нами указана в параграфе 18, а теперь, на основании теории Рокара, она выявилась более отчётливо.

Кроме перечисленных способов увеличения дальности видимости в ночных условиях, есть ещё один, заслуживающий особого внимания способ — это применение бинокля при наблюдении объекта в луче прожектора. Однако этот способ оказывается полезным только при условии, что наблюдение производится при помощи бинокля определённого типа, и может дать противоположные результаты, если воспользоваться случайным биноклем.

На практике бывали случаи, когда и дистанционное управление прожектором не только не способствовало увеличению дальности видимости, а, наоборот, снижало её из-за того, что наблюдатель оказывался в створе между прожектором и целью. Неудачно выбранный бинокль не только не улучшает видимость в луче прожектора, но даже может ухудшить её и тем создать плохое мнение о прожекторе. В силу этого, вопрос об использовании биноклей прожектористами-наблюдателями должен быть рассмотрен детально, чтобы выбор бинокля производился с пониманием физических процессов, происходящих при работе глаза с биноклем в условиях прожекторного освещения.

Во-первых, всякий бинокль способствует увеличению дальности видимости уже потому, что он ограничивает поле зрения и экранирует некоторую часть побочного светового потока. Этим повышается доля участия того светового потока, ко-

торый отражается от предметов, подлежащих внимательному рассмотрению, в создании зрительного образа этих предметов. В ночных условиях при наблюдении в бинокль заметно увеличивается зрачок глаза, яркость поля адаптации снижается и чувствительность глаза повышается.

Во-вторых, бинокль даёт увеличение видимых углов размеров цели, увеличивая тем количество светочувствительных элементов на сетчатой оболочке глаза, раздражённых одним и тем же предметом. Благодаря этому предметы могут быть видны даже тогда, когда они находятся при наблюдении невооружённым глазом за пределами нормальной остроты зрения (т. е. меньше 1′). Но острота зрения зависит от яркостного контраста и повышается при его увеличении или, можно сказать, что пороговое значение яркостного контраста для различения предметов снижается.

Таким образом, бинокль, улучшая условия адаптации и увеличивая угловые размеры цели, снижает порог контрастной чувствительности, т. е. цель может быть замечена при меньшем яркостном контрасте. Следует учитывать, однако, что бинокль одновременно уменьшает яркость световых пучков, проходящих через него в глаз, и если днём, когда яркость предметов бывает достаточно велика, это не имеет особого значения, то ночью, когда приходится иметь дело с малыми яркостями, поглощение света в бинокле может сильно понизить дальность видимости. Чтобы сравнить влияние этих двух противоположно действующих явлений, необходимо подробнее остановиться на некоторых теоретических вопросах.

Увеличение субъективной яркости Световое раздражение, которое создаёт рассматриваемый предмет, можно характеризовать субъективной яркостью или освещённостью изображения предмета на сетчатой оболочке глаза. Величина этой субъективной освещённости будет равна отношению светового потока, прошедшего через зрачок глаза, к площади изображения, перекрываемой этим световым потоком, т. е.

$$E_0 = \frac{\Phi t_c}{S_2} = \frac{I\omega}{S_2} t_c = \frac{I\delta}{S_2 L_2^2} t_c \,, \tag{138}$$

где I — сила света от цели в направлении глаза (рис. 56);
ω — телесный угол, в пределах которого зрачок глаза виден из цели, $\omega = \frac{\delta}{L_2^2}$;
δ — площадь поверхности зрачка;
t_c — коэфициент прозрачности среды глаза.

Согласно рис. 56, имеем:

$$\frac{S_2}{S_1 \cos\alpha} = \frac{l^2}{L_2^2}\,, \text{ или } S_2 = \frac{S_1 \cos\alpha\, l^2}{L_2^2}\,,$$

тогда уравнение (138) можно переписать так:

$$E_0 = \frac{B_\alpha \delta S_1 \cos\alpha}{L^2_2 S_2} t_c = \frac{B_\alpha \delta}{l^2} t_c = \frac{\pi B_\alpha d_0}{4l^2} t_c\,, \qquad (139)$$

где l — расстояние от оптического центра хрусталика до сетчатой оболочки глаза (порядка 15,5 *мм* для среднего глаза);
d_0 — диаметр зрачка глаза;
B_α — яркость цели в направлении глаза;
S_1 — площадь цели, видимая наблюдателю.

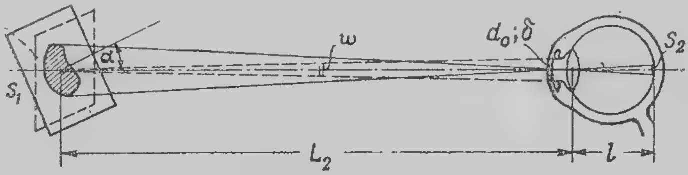


Рис. 56. Яркость изображения цели на сетчатке глаза не зависит от расстояния

Формула (139) указывает на то, что субъективная яркость изображения цели на сетчатке при постоянной величине зрачка глаза зависит только от яркости освещённой цели и совершенно не зависит от расстояния от цели до глаза, если не принимать во внимание атмосферное поглощение. Если же учесть поглощение света в атмосфере, то формула (139) примет вид:

$$E_0 = \frac{\pi B_\alpha d^2_0}{4l^2} t_c t^L\,. \qquad (140)$$

Следует иметь в виду, что формула (140) имеет тот же смысл, что и формула (118).

Диаметр зрачка глаза изменяется от 1,5 до 4 *мм* днём и от 1 до 8 *мм* ночью, и глаз сам регулирует раздражение сетчатки, то ослабляя его, то усиливая, так как количество светового потока, входящего в глаз, изменяется пропорционально квадрату диаметра зрачка. При пользовании оптическим прибором следует учитывать, что субъективная яркость изображения на сетчатке зависит от выходного зрачка прибора и его положения относительно зрачка глаза. Рассмотрим три возможных случая.

Пусть выходной зрачок прибора равен зрачку глаза и плоскости их совмещены. По аналогии с уравнением (139) субъективная освещённость будет

$$E'_0 = \frac{B_\alpha \sigma S_1 \cos\alpha}{L^2_2 S'_2} t_п = \frac{\pi B_\alpha D^2 S_1 \cos\alpha}{4L^2_2 S'_2} t_п\,, \qquad (141)$$

где $t_п$ — коэфициент прозрачности оптики прибора;
S_1 — площадь цели, видимая наблюдателю;
σ — площадь входного отверстия прибора;
D — диаметр входного отверстия;
S'_2 — площадь изображения цели на сетчатке при наблюдении через прибор.

Составляем отношение субъективных яркостей:

$$\frac{E'_0}{E_0} = \frac{t_п \pi B_\alpha D^2 S_1 \cos\alpha \cdot 4L'^2_2 S_2}{4L^2_2 S'_2 \pi B_\alpha d^2_0 S_1 \cos\alpha t_c} = \frac{t_п D^2 S_2}{t_c d^2_0 S'_2}. \qquad (142)$$

Так как

$$D^2 = U^2 d^2 \text{ и } S'_2 = S_2 U_2,$$

где U — увеличение прибора;

d — диаметр выходного зрачка прибора,

поэтому равенство (142) можно переписать так:

$$\frac{E'_0}{E_0} = \frac{t_п d^2 U^2 S_2}{t_c d^2_0 U^2 S_2} = \frac{t_п d^2}{t_c d^2_0}. \qquad (143)$$

При наблюдении через прибор, при условии равенства выходного зрачка прибора и выходного зрачка глаза ($d = d_0$) и совмещения их плоскостей, субъективная яркость уменьшится только за счёт потерь потока в оптической системе прибора.

Если выходной зрачок прибора будет больше зрачка глаза, то не весь световой поток, выходящий из прибора, попадёт в глаз. Зрачок глаза будет заполнен светом, как и в случае равенства зрачков.

Если же выходной зрачок прибора меньше выходного зрачка глаза, то последний не будет целиком заполнен световым потоком, часть зрачка глаза будет диафрагмирована, и действующая площадь зрачка уменьшится. Субъективная яркость в этом случае будет уменьшена пропорционально отношению площадей выходного зрачка прибора и площади глаза. Следовательно, увеличение диаметра выходного зрачка прибора до тех пор, пока он не будет равен диаметру зрачка глаза, даёт увеличение субъективной яркости. Дело в том, что идеально совместить зрачки прибора и глаза при наблюдении весьма трудно.

При несовпадении зрачков глаза и прибора происходит уменьшение поля зрения. При отсутствии совмещения плоскости зрачка глаза и выходного зрачка прибора, что имеет место при наблюдении в бинокли галилеевского типа, освещённость в поле зрения убывает от центра к краю.

Влияние бинокля на условия наблюдения объектов в луче прожектора можно проследить, производя расчёты видимости по методу Рокара, но можно и другим путём дать наглядное представление о действии бинокля, увеличивающем видимые угловые размеры цели и снижающем порог контрастной чувствительности.

В работах А. И. Грибанова приводятся кривые зависимости яркостного контраста от яркости фона при постоянном значении видимых угловых размеров цели $\frac{\Delta B}{B_ф} = f(B_ф)$ при $\gamma = \text{const}$ и кри-

вые зависимости яркостного контраста от угловых размеров цели при постоянной яркости фона

$$\frac{\Delta B}{B_ф} = f(\gamma) \text{ при } B_ф = \text{const}.$$

Эти кривые по виду напоминают гиперболы и предположительно могут удовлетворить уравнениям вида

$$\frac{\Delta B}{B_ф} = \frac{C}{B_ф^n} \text{ при } \gamma = \text{const}; \qquad (144)$$

$$\frac{\Delta B}{B_ф} = \frac{C_1}{\gamma^m} \text{ при } B_ф = \text{const}, \qquad (145)$$

где n и m — некоторые показатели степени;

C и C_1 — некоторые постоянные величины.

Эти уравнения, дающие семейство кривых, можно привести к виду уравнений прямых линий в логарифмическом масштабе следующим образом.

Обозначим $\frac{\Delta B}{B_ф} = y$ и $B_ф = x$, тогда для уравнения (144) будем иметь

$$y = \frac{C}{x^n}, \text{ или } yx^n = C.$$

Логарифмируя, имеем

$$\lg y + n \lg x = \lg C.$$

Вводим обозначения:

$$\lg y = Y; \ \lg x = X \text{ и } \lg C = C'.$$

Получаем

$$Y + nX = C'. \qquad (146)$$

Это уравнение в логарифмической сетке даёт прямую линию.

Аналогично можно преобразовать и уравнение (145), и таким образом при определённых значениях $\frac{\Delta B}{B_ф}$, $B_ф$ и γ можно построить прямые линии, если одну из переменных рассматривать как параметр, и получить номограмму, подобную показанной на рис. 57. На левой половине номограммы построены прямые $\frac{\Delta B}{B_ф} = f(\gamma)$ при постоянных значениях яркости фона $B_ф$, на правой половине — прямые $\frac{\Delta B}{B_ф} = f(B_ф)$ при постоянных значениях угловых размеров цели γ. Этой номограммой можно пользоваться для выяснения роли бинокля следующим образом. В правой половине номограммы находим пороговые значения контраста при данных условиях наблюдения невооружённым глазом, например при $\gamma = 5'$, $B_ф = 20$ *мксб* имеем $\frac{\Delta B}{B_ф} = 3{,}0$. При наблюдении в бинокль шестикратного увеличения, у которого коэфициент прозрачности оптики равен 0,50, диаметр выходного зрачка равен

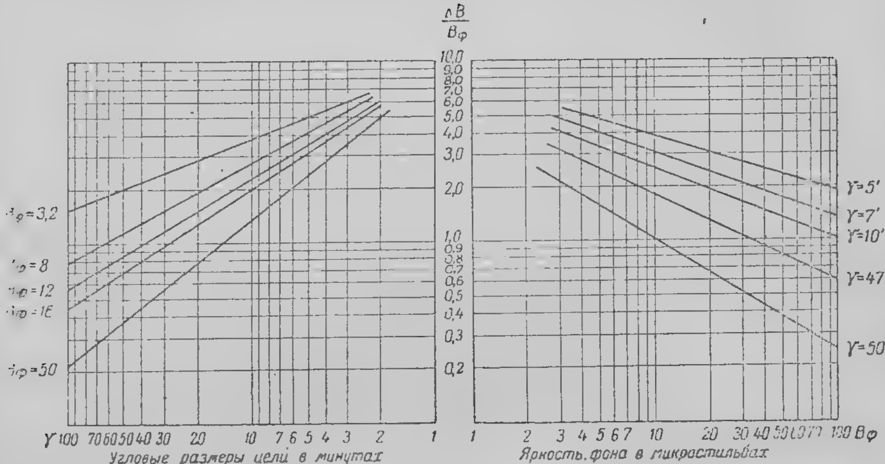


Рис. 57. Номограмма для выяснения влияния бинокля на видимость цели в луче прожектора

5 *мм*, и при диаметре зрачка глаза $d_0 = 8$ *мм* имеем светосилу прибора

$$\frac{E'_0}{E_0} = t_n \frac{d^2_2}{d^2_0} = 0{,}5 \cdot \frac{24}{64} = 0{,}20.$$

На левой номограмме находим точку на прямой $\gamma' = 5' \times 6 = 30'$ при $B_ф = 20 \cdot 10^{-6} \cdot 0{,}2 = 4 \cdot 10^{-6}$ *сб* и получаем $\frac{\Delta B}{B_ф} = 2{,}4$, т. е. пороговое значение контраста при наблюдении в данный бинокль снизилось в $\frac{3{,}0}{2{,}4} = 1{,}25$ раза. Если ту же цель в тех же условиях наблюдать в бинокль десятикратного увеличения при светосиле, равной 0,75 (бинокль с просветлённой оптикой), тогда $\gamma' = 5' \times 10 = 50'$; $B_ф = 20 \cdot 10^{-6} \cdot 0{,}75 = 15 \cdot 10^{-6}$, и получаем $K = 0{,}75$, т. е. пороговое значение контраста при наблюдении в данный бинокль снижается в $\frac{3{,}0}{0{,}75} = 4$ раза.

Таким образом, светосильные бинокли, имеющие большое увеличение, резко снижают пороговое значение контраста и поэтому могут способствовать заметному увеличению дальности видимости целей в луче прожектора. Бинокли с малой светосилой дают понижение порога контрастной чувствительности вследствие потерь светового потока более значительное, чем повышение его, обусловленное увеличением видимых угловых размеров цели. Поэтому при освещении прожекторами выгоднее всего пользоваться светосильными биноклями с просветлённой оптикой и с большим увеличением при сравнительно небольшом поле зрения.

Глава V

СИГНАЛЬНАЯ ДАЛЬНОСТЬ ДЕЙСТВИЯ ПРОЖЕКТОРА

23. Способы сигнализации прожектором

Прожекторы часто могут использоваться для передачи световых сигналов с корабля на другие корабли, взаимодействующим частям и подразделениям на берегу, на фортах и своей авиации.

Пользуясь дуговым прожектором с большой силой света, можно передавать световые сигналы следующими тремя способами.

Во-первых, можно сигнализировать лучом прожектора так же, как обычно сигнализируют при помощи светосигнальных аппаратов, т. е. наводить прожектор-передатчик сигнала на наблюдателя, удалённого на некоторое расстояние, и лучом прожектора освещать приёмник сигнала. Этот способ сигнализации применяется тогда, когда сигнал надо передать на максимально большое расстояние в одном данном направлении при данной силе света прожектора и нет опасности, что сигнал будет перехвачен нежелательными боковыми наблюдателями.

Во-вторых, можно лучом прожектора освещать условные объекты, видимые наблюдателю, для которого предназначен сигнал и который будет производить те или иные действия. Этот способ сигнализации может применяться тогда, когда наблюдатель смещён в бок от прожектора и нет необходимости передавать сигнал на максимально большое расстояние. Видимость сигнала при сигнализации этим способом может быть определена на основании уже изложенных ранее теоретических основ видимости объектов в луче прожектора.

В-третьих, можно сигнализировать лучом прожектора, направляя его в зенит или под большим углом от горизонтали в вертикальной плоскости, и, наблюдая за этим лучом со всех сторон, принимать сигналы одновременно по нескольким радиальным направлениям от прожектора, подающего сигналы. Этот способ сигнализации применяется, когда необходимо, чтобы сигнал был воспринят одновременно несколькими наблюдателями, удалёнными от прожектора на сравнительно небольшое расстояние. Расчёт дальности видимости сигнала, подаваемого таким способом, следует производить, пользуясь формулами Рокара (табл. 4),

т. е. определять видимую на тех или иных расстояниях яркость луча и видимость луча на фоне неба по контрастным условиям.

Наряду с разделением световых сигналов по способу их передачи сигналы различаются по цвету, так как всегда имеется возможность перекрыть световое отверстие прожектора фильтром и получить цветной сигнал.

Ввиду того что на больших расстояниях прожектор, который является мощным источником света, усматривается в пределах малого угла, световой сигнал, поданный прожектором по первому способу — путём освещения максимально удалённого наблюдателя, принимающего сигнал, — может считаться точечным световым сигналом.

При всех перечисленных способах сигнализации возможна передача сигналов как длительных, так и кратковременных, или сигналов-вспышек.

Сигнал может быть передан так, что приёмник его будет освещаться в течение некоторого времени непрерывно, или же сигнал будет передаваться прерывчатым освещением — проблесками.

Все перечисленные разновидности световых сигналов могут применяться при сигнализации прожекторами. Здесь не будут рассматриваться конкретные приёмы сигнализации по передаче тех или иных команд, приказаний, того или иного текста или условных знаков; эти вопросы излагаются в специальных руководствах. В этой главе будет уделено внимание дальности видимости сигналов, подаваемых корабельными прожекторами, и будут рассмотрены некоторые важнейшие условия, от которых зависит зрительное восприятие светового сигнала.

24. Видимость постоянных сигналов

Пороговая освещённость. Первый способ сигнализации, указанный в параграфе 23 (см. стр. 117), является наиболее распространённым. Поэтому рассмотрим сначала видимость постоянных точечных световых сигналов.

Прежде чем определить дальность видимости светового сигнала, которая является основной характеристикой светосигнального устройства, рассмотрим условия видимости постоянного точечного сигнала.

Для сигнальных огней, т. е. сигналов, которые кажутся нам светящейся точкой, наименьшая величина светового раздражения, которую способен ощущать глаз, характеризуется величиной освещённости на зрачке наблюдателя. Наименьшая величина этой освещённости называется *порогом чувствительности глаза*. Наименьшее значение порога чувствительности глаза наблюдается после длительной (более 40—60 минут) адаптации к темноте при наблюдении постоянного сигнального огня на чёрном фоне. Эта величина называется *абсолютным порогом чувствительности глаза*. На абсолютный порог

чувствительности влияют прежде всего индивидуальные особенности наблюдателя, географическое положение сигнала, время суток и другие факторы. Ещё древние астрономы установили, что невооружённый нормальный глаз видит звёзды шестой величины. Для создания на зрачке освещённости в 1 *лк* потребовалась бы звезда четырнадцатой-восемнадцатой величины. Чтобы вычислить, какую освещённость создаёт звезда шестой величины, следует иметь в виду, что все звёзды распределяются по классам по величине освещённости, создаваемой каждой из них. Некоторая „яркость звезды" произвольно принята астрономами за единицу. Менее „яркие" звезды называют звёздами второй, третьей и т. д. величины, более „яркие" — звёздами нулевой, минус первой, минус второй и т. д. величины.

Освещённости, создаваемые звёздами двух смежных классов, отличаются в 2,512 раза. Следовательно, звезда первой величины создаёт на зрачке освещённость $2{,}512^{-14{,}18}$ *лк*, а звезды „m-ой" величины освещённость, равную

$$E_m = 2{,}512^{-14{,}18 \cdot m} \ лк. \qquad (147)$$

Решая уравнение (147) относительно m, получим

$$m = 14{,}18 - 2{,}5 \lg E_m. \qquad (148)[1]$$

Освещённость, создаваемая звездой шестой величины, оказывается равной $8{,}5 \cdot 10^{-9}$ *лк* (т. е. 1 свеча на расстоянии 11 *км*).

Величина этой освещённости не может считаться порогом чувствительности потому, что звёзды наблюдают на фоне ночного неба, яркость которого примерно равна $1 \cdot 10^{-8}$ *сб*. Считается, что при яркости фона, равной нулю, абсолютный порог чувствительности определяется величиной освещённости в $1 \cdot 10^{-9}$ *лк*.

Оказывается, что с возрастанием яркости фона порог чувствительности глаза возрастает, причём для белых сигнальных огней при яркостях фона от $B_ф = 1 \cdot 10^{-9}$ *сб* до $B_ф = 1$ *сб* справедлива следующая зависимость пороговой освещённости от яркости фона:

$$E_{пор} = 3{,}5 \cdot 10^{-5} \sqrt{B_ф} \ лк. \qquad (149)$$

Так, например, на фоне снега при свете звёзд $B_ф = 4{,}6 \cdot 10^{-8}$ *сб* $E_{пор} = 7{,}5 \cdot 10^{-}$[illegible] *лк*.

Так как наблюдатель, принимающий точечный сигнал, очень часто находится под воздействием и других источников света, его внимание может быть отвлечено, он может утомиться и т. д., поэтому в качестве практического порога чувствительности глаза принимают величину $E_{пор} = 0{,}2 \cdot 10^{-6}$ *лк*[2].

---

[1] lg 2,512 = 0,400.

[2] Эта величина принята Международной конференцией по морским сигналам (1933 г.).

При восприятии цветного сигнала необходимо различать световой и цветовой пороги чувствительности глаза. Пока освещённость на зрачке настолько мала, что её может ощущать лишь аппарат сумеречного зрения (палочки), наблюдатель видит свет, не имея возможности определить его окраску. Лишь при достаточно сильной освещённости вступает в действие аппарат дневного зрения (колбочки), и наблюдатель может определить цвет сигнала. Определённые значения освещённости называются световым и цветовым порогами. За исключением красного цвета, воспринимаемого лишь колбочками, значение цветного порога может превышать в 100 раз световой порог, поэтому в качестве практического порога для цветных постоянных огней иногда принимают $E_{\text{пор.цв}} = 1{,}7 \cdot 10^{-6}$ *лк*. Это значение приблизительно, так как цветовой порог зависит от длины волны и от насыщенности цвета, но других данных пока не имеется.

Дальностью действия светосигнального прибора считается расстояние, на котором можно видеть передаваемый сигнал. Различают в этом случае два понятия дальности видимости: географическая дальность видимости и оптическая дальность видимости.

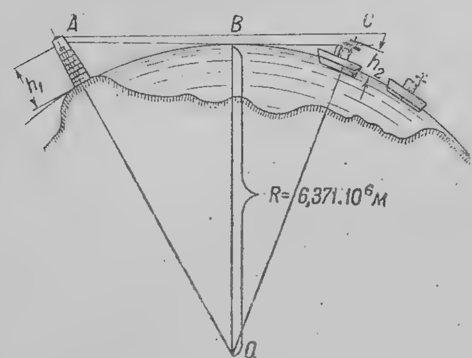


Рис. 58. Географическая дальность видимости

Если мы имеем дело с мощным прожектором или маяком с силой света в данном направлении в несколько сот миллионов свечей, то дальность видимости сигнала может достигать 200 *км*. При таких больших расстояниях следует учитывать географическую дальность видимости, т. е. то предельно возможное расстояние видимости, которое обусловлено: кривизной земной поверхности, высотой установки сигнального прибора и высотой стояния наблюдателя, а также рефракцией земной атмосферы.

На основании рис. 58 величина географической дальности видимости будет определяться так:

$$L = AB + BC = \sqrt{2Rh_1 + h_1^2} + \sqrt{2Rh_2 + h_2^2},$$

или, пренебрегая h_1^2 и h_2^2 по сравнению с $2Rh_1$ и $2Rh_2$; где

R — радиус земли, равный $6{,}371 \cdot 10^6$ *м*,

h_1 — высота установки прожектора и

h_2 — высота стояния наблюдателя, имеем

$$L = 3{,}57\left(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}\right) \text{ км},$$

или с поправкой на рефракцию атмосферы, т. е. на искривление луча света в воздушных слоях, окончательно получим

$$L = 3{,}83\left(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}\right) \text{ км}. \qquad (150)$$

Оптическая дальность видимости светового сигнала зависит от поглощения и рассеяния светового потока сигнального прожектора атмосферой, от общего количества световой энергии, попадающей в глаз наблюдателя, от яркости окружающего фона, на котором виден сигнал, и от яркости поля адаптации наблюдателя, а также от продолжительности действия сигнала. Рассеяние и поглощение светового потока атмосферой при прямом наблюдении прожектора можно учесть общим коэфициентом прозрачности. В том случае, когда световой сигнал наблюдается по яркости луча или путём наблюдения освещённого лучом прожектора промежуточного объекта, рассеяние и поглощение светового потока средой должны учитываться особыми методами.

Если наблюдатель находится в пределах угловой ширины луча прожектора, то последний создаёт на зрачке глаза наблюдателя освещённость, равную

$$E_{зр} = \frac{I_\beta}{L_2} t^L \cdot 10^{-6} \text{ лк}, \qquad (151)$$

где I_β — сила света прожектора в направлении глаза;

L — удаление наблюдателя от прожектора в *км*;

t — коэфициент прозрачности воздуха.

Очевидно, постоянный световой сигнал, как светящаяся точка, будет замечен наблюдателем, если на зрачке глаза будет создана освещённость $E_{зр} \geqslant E_{пор}$, т. е. бо́льшая некоторой пороговой освещённости.

Зная пороговую освещённость, можно решать задачи о видимости постоянного сигнала по формуле

$$E_{пор} = \frac{I_\beta}{L^2} t^L \cdot 10^{-6}. \qquad (152)$$

Это уравнение можно преобразовать так:

$$I_\beta = E_{пор} L^2 t^{-L} \cdot 10^6 = 0{,}2\, L^2 t^{-L};$$

логарифмируя, получаем

$$\lg I_\beta = \lg(0{,}2\, L^2 t^{-L}). \qquad (153)$$

Это уравнение можно представить в виде номограммы в полулогарифмической сетке, как показано на рис. 59.

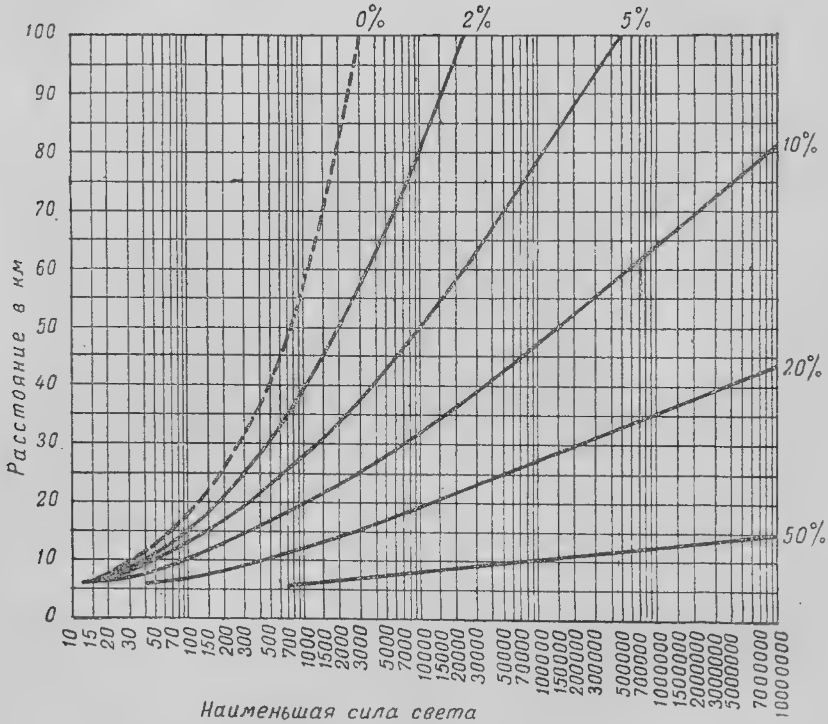


Рис. 59. Номограмма для определения дальности видимости светового сигнала

Иногда уравнение (152) приводят к следующему виду:

$$I_\beta = E_{\text{пор}} \frac{L^2}{t^L} \cdot 10^6 = 0{,}3 \frac{L^2}{t^L}; \tag{154}$$

логарифмируя, получаем

$$\lg I_\beta = \lg 0{,}3 + 2 \lg L - L \lg t;$$

заменяя $\lg I_\beta = y$; $\lg t = x$, получаем

$$y = \lg 0{,}3 + 2 \lg L - Lx, \tag{155}$$

а это уравнение при некотором определённом значении L выражает прямолинейную зависимость. На основании его строят в логарифмической сетке номограммы, подобные показанной на рис. 60. Пользуясь номограммами на рис. 59 и 60, легко можно решать все задачи, связанные с расчётом видимости светового сигнала.

И. Рокар для расчёта видимости точечного сигнала даёт формулу

$$I_\beta = 0{,}0874 \cdot 10^{-6} (1 + 1{,}16\, B_\text{ф}) L^2 t^{-L}. \tag{156}$$

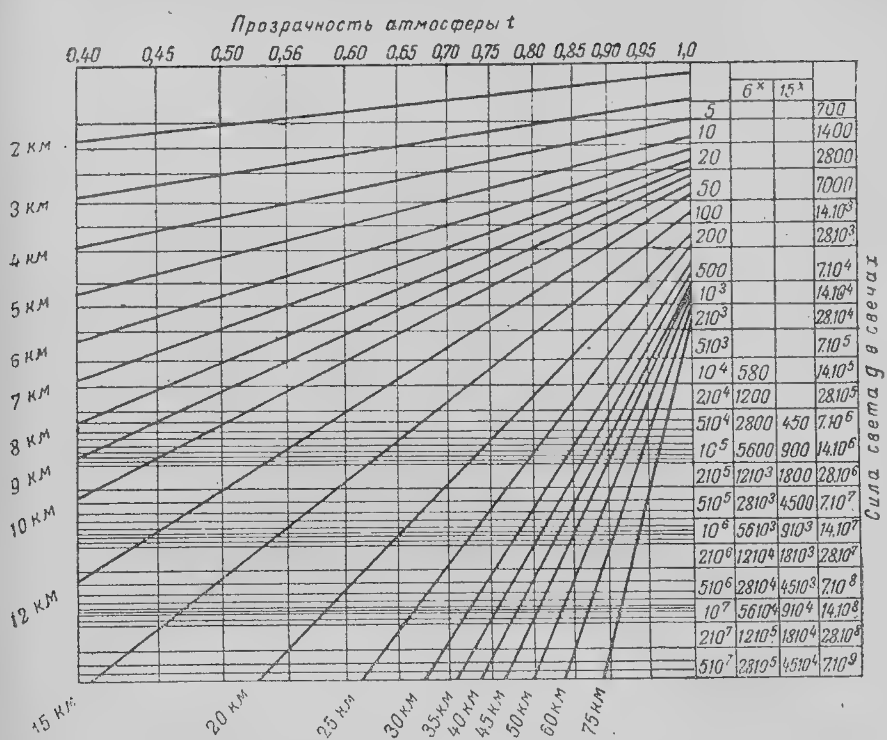


Рис. 60. Номограмма другого типа для определения дальности видимости светового сигнала

Эта формула выводится им путём экстраполирования его общей формулы видимости.

Следует отметить, что расчёт видимости светового сигнала, передаваемого прожектором, другими, указанными ранее способами, более сложен, но исходные данные для этого расчёта можно найти в главе о видимости цели в луче прожектора.

25. Видимость проблесковых (прерываемых) сигналов

Если световой сигнал действует на глаз наблюдателя периодически, значение пороговой освещённости, согласно исследованию А. Блонделя и Ж. Рея, должно быть увеличено в отношении

$$\frac{E'_{пор}}{E_{пор}} = \left(1 + \frac{0{,}21}{t}\right), \qquad (157)$$

где $E'_{пор}$ — освещённость зрачка, соответствующая порогу чувствительности при проблесковом сигнальном огне;

$E_{пор}$ — то же, при постоянном огне;

t — длительность проблеска в секундах;

0,21 — постоянная в секундах.

Формула (157) справедлива, когда t изменяется в пределах от 3 до 0,1 секунды. При дальнейшем уменьшении t пороговая проблесковая освещённость $E'_{пор}$ начинает возрастать в более сильной степени.

Нетрудно доказать, что для получения той же дальности видимости проблескового сигнала при той же прозрачности атмосферы, что и при действии постоянного сигнала, необходимая сила света сигнального прожектора $I_з$ должна быть увеличена в том же отношении:

$$\frac{I'_з}{I_з} = \left(1 + \frac{0{,}20}{t}\right),$$

т. е. в этом случае кажущаяся сила света меньше действительной.

Если общая продолжительность периодов проблеска и темноты в интервале между проблесками равна $T = t + t'$, где t' — время отсутствия света, то для более легкого восприятия сигнала рекомендуется брать $T = 0{,}5—1$ секунде.

Весьма важно выбрать наиболее выгодный период проблеска T, учитывая, во-первых, что уменьшение периода T при постоянном t влечёт за собой ослабление явления мерцания и тем затрудняет распознавание сигналов. Во-вторых, увеличение T, т. е. уменьшение отношения $\frac{t}{T}$, затрудняет обнаружение сигнала. Оптимальной величиной отношения $\frac{t}{T}$ считается значение между 0,5 и 0,75.

Лангмюир и Вестендорф исследовали условия поиска проблескового маяка, когда длительность отсутствия проблеска $t' = T - t$ значительно больше t и маяк разыскивается в достаточно большом телесном угле ω. Оказалось, что для обнаружения маяка требуется некоторое время t_0 даже после того, как наблюдатель приблизится к маяку на расстояние, меньшее дальности действия последнего. Исследования показали, что время t_0 зависит от T, отношения $\frac{E'_{пор}}{E_{пор}}$ и ω и выражается соотношением

$$\left(t_0 + 0{,}5\,T\right)\left(\frac{E'_{пор}}{E_{пор}} - 1\right)^{3/2} = 67\,\omega T. \quad (158)$$

Это уравнение считается справедливым для яркостей фона от 0 до яркости при лунном освещении $B_ф = 7{,}1 \cdot 10^{-6}$ *сб* и для T, большем 1 секунды.

Таким образом, для обнаружения маяка часто требуется освещённость зрачка глаза, значительно превышающая порог чувствительности.

ЧАСТЬ ВТОРАЯ

МАТЕРИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ КОРАБЕЛЬНЫХ ПРОЖЕКТОРНЫХ УСТАНОВОК

Глава VI

ПРОСТЕЙШИЕ КОРАБЕЛЬНЫЕ ПРОЖЕКТОРЫ С ЛАМПАМИ НАКАЛИВАНИЯ

26. Назначение и общие основания устройства корабельных прожекторов с лампами накаливания

Назначение корабельных прожекторов. На военно-морских кораблях наряду с мощными дуговыми прожекторами устанавливаются простые, лёгкие, требующие малого расхода электрической энергии прожекторы средних и малых диаметров с лампами накаливания. Эти прожекторы применяются и как осветительные и как светосигнальные.

В качестве осветительных они используются для обнаружения целей на небольшом расстоянии (до 1 мили), освещения погрузочных и ремонтных работ, при подготовке к ошвартованию, при вводе корабля в док в тёмное время суток, при тралении, при спуске шлюпок (если обстановка позволяет пользоваться освещением), а также для некоторых навигационных целей, например определения положения неосвещённых баканов, ограждений, береговых знаков и т. д.

В качестве светосигнальных эти прожекторы используются в тех случаях, когда сигнал надо передать на сравнительно небольшое расстояние (не свыше 20 миль) и когда сигнализация осуществляется только путём наведения луча на приёмник сигнала.

Прожекторы с лампами накаливания имеют существенные преимущества перед прожекторами дуговыми, так как они легко и просто могут быть включены и выключены в любое время, причём могут работать часами без перерыва и без специального наблюдения. При сигнализации их легче наводить на приёмник сигнала, можно передать больше сигналов в единицу времени; они обеспечивают бо́льшую надёжность действия и безотказность в работе.

Типы прожекторов с лампами накаливания. По способам установки на кораблях различают три типа прожекторов с лампами накаливания.

Первый тип — прожекторы с простейшими приспособлениями для монтажа на корабле в виде лёгких кронштейнов,

опорных стоек или штанг, позволяющих закрепить прожектор на перилах ограждений, лёгких перекладинах или консольных балках. Эти прожекторы не имеют специальных устройств для наведения луча, кроме простейших скоб или рукояток, укреплённых на кожухе прожектора. Примером прожектора первого типа могут служить 30-*см* прожектор „Сперри" (рис. 61) и 35-*см* прожектор МСПА-л 3,5 (рис. 62), которые используются как переносные для сигнализации с тех мест, где постоянная установка прожектора невозможна.

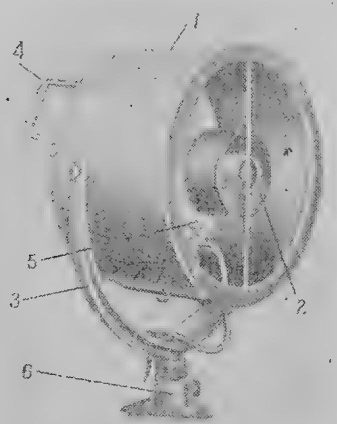


Рис. 61. 30-*см* корабельный прожектор „Сперри" типа „Спот-Моунт":

1—кожух; *2*—бленды; *3*—лира; *4*—скоба для наведения луча; *5*—лампа накаливания; *6*—втулка поворотного устройства

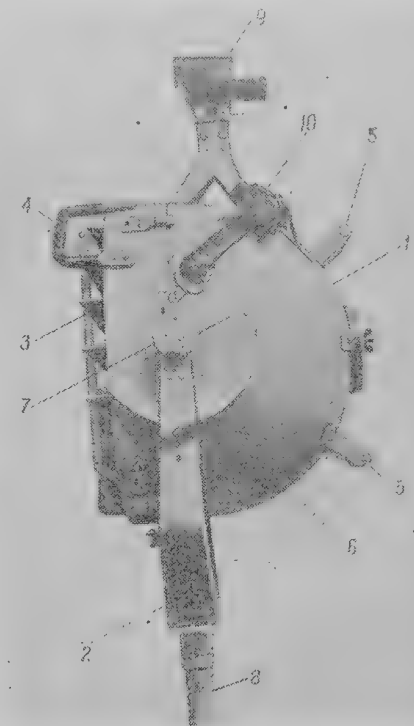


Рис. 62. 35-*см* корабельный прожектор МСПА-л 3,5:

1—кожух; *2*—лира; *3*—жалюзи; *4*—скоба рамы жалюзи; *5*—скоба для наведения луча; *6*—сектор; *7*—маховичок для стопорения кожуха; *8*—стойка; *9*—визирное приспособление (монокуляр); *10*—лямка для переноски прожектора

Второй тип—прожекторы с основанием в виде короткой конической или цилиндрической трубчатой стойки, приспособленные для установки на крыше мостика, на рубке рулевого, вахтенного и т. д. Управление прожектором этого типа осуществляется, как правило, снизу при помощи штанг или рычажных тяг. Примером такого прожектора может служить прожектор, показанный на рис. 63.

Третий тип — прожекторы, смонтированные на тумбах, приспособленных для установки на палубе, открытом мостике, специальных площадках и т. д. Наведение луча на объект освещения или на приёмник сигнала чаще всего осуществляется при помощи приспособлений, приводимых в действие вручную; иногда применяются системы механического дистанционного управления (тросы, карданные валы). Изредка такие прожекторы снабжаются системой дистанционного электрического управления (рис. 64).

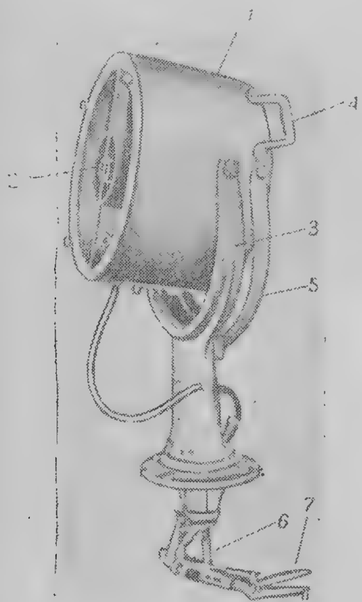


Рис. 63. 30-*см* корабельный прожектор „Сперри" типа „Пилот-Хауз":

1—кожух; *2*—бленды; *3*—лира; *4*—скоба для наведения луча; *5*—дуга рычажного механизма наведения; *6*—шток; *7*—рукоятка наведения

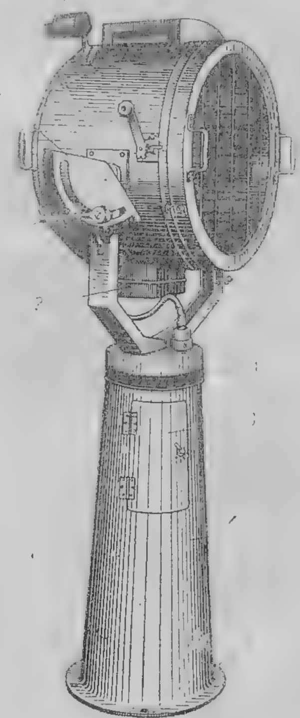


Рис. 64. 45-*см* корабельный прожектор типа МСПР-л 4,5:

1—кожух; *2*—камин; *3*—патрубок; *4*—сектор с прорезью; *5*—рукоятка для стопорения кожуха; *6*—лира; *7*—тумба-основание; *8*—дверка; *9*—лимб для отсчитывания углов поворота; *10* — чугунный фланец

Устройство прожекторов с лампами накаливания. Прожектор с лампой накаливания обычно устроен довольно просто. Он состоит из следующих основных частей: кожуха, лиры, поворотного устройства и основания.

К о ж у х п р о ж е к т о р а служит оправой для отражателя и местом для установки источника света. Он защищает лампу накаливания и отражатель от брызг воды, загрязнения, пыли

и дыма. Кожух чаще всего имеет форму цилиндра с выпуклой тыльной частью и со световым отверстием, перекрытым плоским или куполообразным защитным стеклом. В некоторых случаях кожух имеет полусферическую форму, например у прожектора МСПА-л 3,5 (см. рис. 62), или бывает закрыт сзади съёмным обтекателем, как у прожектора МСПТ-л 2,5 (рис. 65).

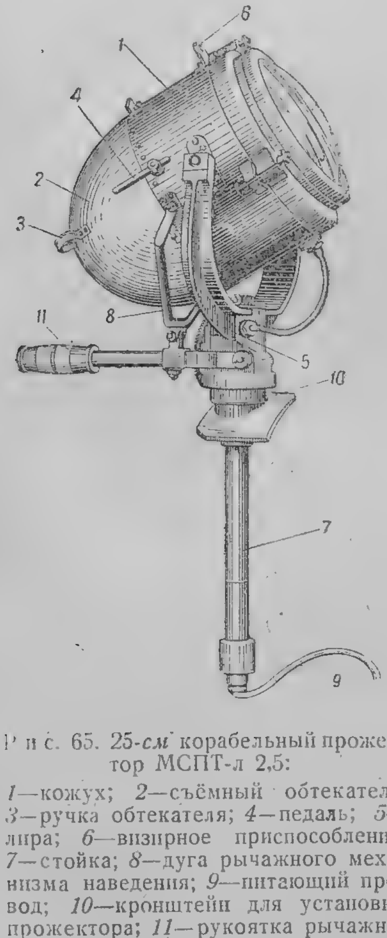


Рис. 65. 25-*см* корабельный прожектор МСПТ-л 2,5:

1—кожух; *2*—съёмный обтекатель; *3*—ручка обтекателя; *4*—педаль; *5*—лира; *6*—визирное приспособление; *7*—стойка; *8*—дуга рычажного механизма наведения; *9*—питающий провод; *10*—кронштейн для установки прожектора; *11*—рукоятка рычажного механизма наведения

Корпус кожуха штампуется из листового алюминия, дюраля, бронзы или железа и усиливается с тыльной стороны и со стороны светового отверстия кольцами, к которым крепятся отражатель и рама с защитным стеклом. У прожектора МСПА-л 3,5 на усиливающем кольце кожуха укреплён металлический хромированный параболический отражатель диаметром 35 *см* с фокусным расстоянием 50 *мм*.

У прожектора МСПТ-л 2,5 кожух изготовлен из листового алюминия и усилен донышком (рис. 66). Обтекатель прикреплён к тыльной части кожуха посредством винтов и пружин. Чтобы снять обтекатель, нужно отпустить винты крепления, затем, взявшись за ручки, повернуть обтекатель против часовой стрелки. Отражатель установлен в качающейся раме, прикреплённой при помощи двух цапф к кожуху прожектора. Эластичность крепления отражателя достигается применением асбестовых прокладок. В прожекторах МСПТ-л 2,5 может быть установлен стеклянный или металлический 25-*см* параболический отражатель с фокусным расстоянием 106 *мм*.

В передней части кожуха установлена съёмная рама с куполообразным защитным стеклом; рама крепится тремя пружинными защёлками за бобышки на передней части кожуха. Вместо этой рамы на световое отверстие может быть надета рама с рассеивающими линзами. Для снятия рамы с кожуха нужно оттянуть головки защёлок и отвести их в стороны. Когда про-

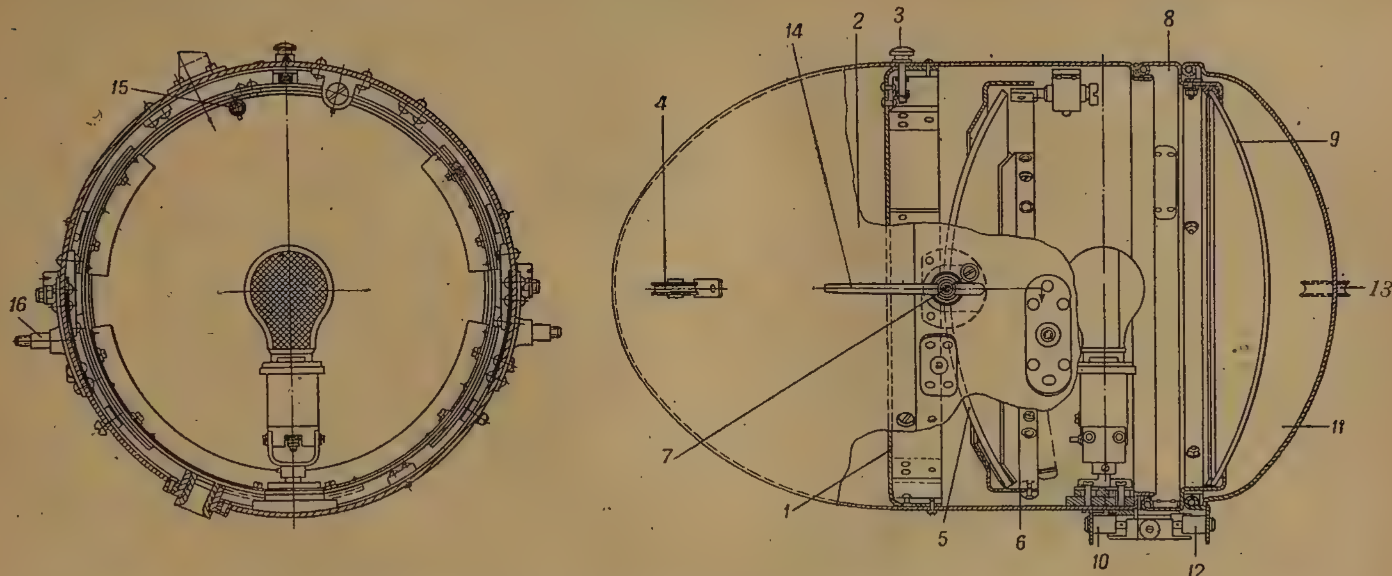


Рис. 66. Кожух корабельного прожектора МСПТ-л 2,5:

1—донышко кожуха; *2*—обтекатель кожуха; *3*—винт крепления обтекателя; *4*—ручка обтекателя; *5*—отражатель; *6*—качающаяся рама отражателя; *7*—цапфы для крепления рамы отражателя; *8*—съёмная рама защитного стекла; *9*—куполообразное защитное стекло; *10*—пружинные защёлки; *11*—предохранительная крышка; *12*—пружинные защёлки; *13*—ручка обтекателя; *14*—педалька для отклонения луча при сигнализации; *15*—возвратная пружина рамы отражателя; *16*—цапфа кожуха

жектор не используется, то на раму защитного стекла надевается выпуклая металлическая предохранительная крышка. Крышка крепится к раме так же, как рама к кожуху.

Иногда перед защитным стеклом внутри кожуха прожектора устанавливают концентрические жестяные кольца, как, например, у прожекторов „Сперри" (см. рис. 61 и 63). Кольца окрашиваются в чёрный цвет и предназначаются для экранирования нити лампы накаливания, чтобы она не была видна через защитное стекло со стороны и чтобы непосредственно от нити не выходило большое количество света, не перераспределённого отражателем, и не рассеивалось на кромках основного луча. Эти кольца называются б л е н д а м и; применяют их в тех случаях, когда не пользуются контротражателем. Кожух прожектора с лампой накаливания в 1 000 *вт* и более, как правило, снабжается засасывающими и вытяжными отверстиями для вентиляции. Так, например, у прожектора МСПР-л 4,5 (см. рис. 64) кожух внизу имеет камин с засасывающими отверстиями, а наверху — патрубок с вытяжными отверстиями. Стеклянный отражатель, диаметром 45 *см* с фокусным расстоянием 200 *мм*, и плоское защитное стекло смонтированы в съёмных рамах. Кожух и защитное стекло должны быть уплотнены так, чтобы внутрь не могли проникать брызги воды.

Лира лёгкого прожектора с лампой накаливания служит для подвески кожуха так, чтобы можно было изменять положение оптической оси прожектора в вертикальной плоскости, поворачивая кожух вокруг оси цапф. Лира изготовляется в виде лёгкой отливки из сплавов алюминия или собирается из отдельных частей, соединённых болтами; иногда стойки лиры выгибаются из полос таврового углового или швеллерного железа. Благодаря наличию лиры кожух можно поворачивать вокруг оси цапф так, что оптическая ось прожектора опускается или поднимается от горизонтали. Углы поворота при опускании оптической оси вниз от горизонтали считаются отрицательными; при поднимании оптической оси вверх от горизонтали — положительными.

У прожектора МСПТ-л 2,5 углы поворота в вертикальной плоскости равны $17^\circ + 25^\circ$; у прожектора МСПА-л 3,5 $40^\circ + 100^\circ$, а у прожектора МСПР-л 4,5 эти углы равны $-30 + 100$. У последнего прожектора на правой цапфе кожуха укреплён сектор с дугообразной прорезью. В прорезь входит стопорный винт, установленный в лапе лиры. Винт имеет зажимную гайку с рукояткой, поворотом которой можно зажать сектор между зажимной гайкой и стойкой лиры и застопорить кожух в любом положении. На секторе имеется лимб (шкала) для отсчёта углов поворота оптической оси прожектора в вертикальной плоскости; углы отсчитываются против неподвижного индекса, установленного ниже сектора на лапе лиры. Очень часто кожух лёгкого прожектора стопорится при помощи простых зажимных гаек, навинчиваемых на выступающий конец цапфы.

Поворотное устройство для перемещения луча в горизонтальной плоскости представляет собой диск, жёстко соединённый с лапами лиры или составляющий с ними одно целое. Эта верхняя подвижная часть поворотного устройства сочленяется с нижней неподвижной частью, жёстко соединённой с основанием прожектора. У лёгких прожекторов эта часть очень часто представляет собой штырь, укреплённый на фланце или на кронштейне (см. рис. 61); на штырь надевается трубчатая подошва лиры или втулка, образующая верхнюю подвижную часть поворотного устройства. Конструкции поворотных устройств, обеспечивающие управление лучом снизу из рубки или из-под мостика или же при помощи дистанционной механической системы, будут рассмотрены ниже на стр. 139.

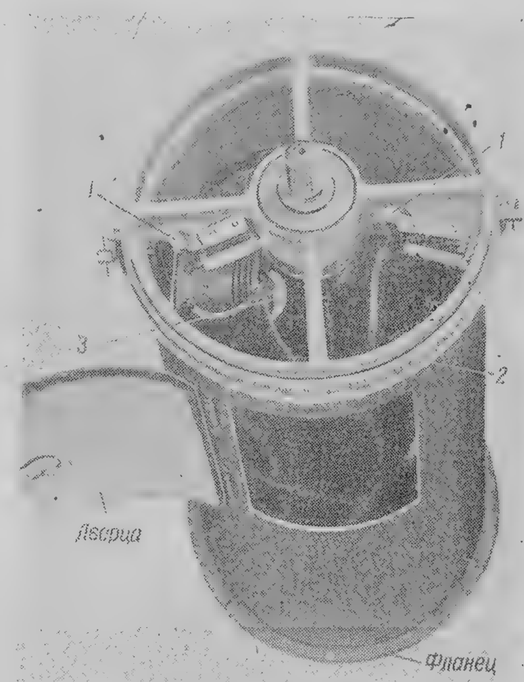


Рис. 67. Тумба-основание корабельного прожектора МСПР-л 4,5:
1—контактные щётки; *2*—лимб для отсчитывания углов поворота; *3*—выключатель цепи питания

На рис. 67 показаны нижняя часть поворотного устройства и основание прожектора МСПР-л 4,5. Верхний вращающийся диск опирается на нижнюю часть поворотного устройства через центральный шариковый подшипник и имеет на внутренней стороне два бронзовых кольца, через которые ток, снимаемый с контактных щёток основания, подводится к лампе накаливания. На неподвижной части поворотного устройства установлен лимб, по которому отсчитывают углы поворота оптической оси в горизонтальной плоскости. Так как углы можно отсчитывать от некоторого, заранее выбранного, как нулевое, направления, то горизонтальный лимб имеет форму ленты, свёрнутой в кольцо и закрепляемой на неподвижной части в любом положении. Таким образом, нулевой отсчёт на лимбе может соответствовать направлению луча по диаметральной плоскости корабля, но можно, повернув лимб, изменить положение нуля.

Основанием прожектора МСПР-л 4,5 служит коническая тумба из листового железа, имеющая внизу литой чугунный фланец с четырьмя отверстиями для крепления прожектора на месте установки. Внутри тумбы, над дверкой, расположен выключатель цепи питания лампы и уложены две отвёртки и торцовый ключ—инструмент, необходимый для обслуживания прожектора.

В заключение следует указать, что наибольшее распространение получили корабельные прожекторы с лампами накаливания диаметром 25, 35, 40 и 45 *см.*

27. Способы установки ламп накаливания в прожекторах

Нормально лампа накаливания должна быть установлена в прожектор так, чтобы её излучающий объём был совмещён с фокальным объёмом отражателя. Кроме того, на практике иногда возникает необходимость в определённой дефокусировке прожектора для получения более узкого или более широкого луча путём смещения источника света из нормального положения.

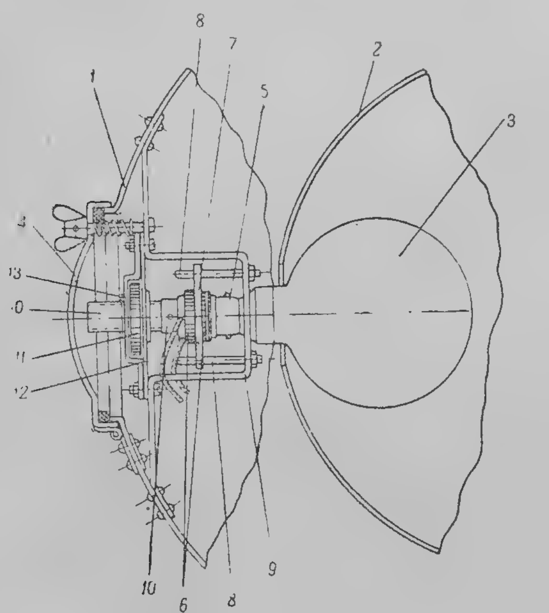


Рис. 68. Установка лампы накаливания в прожекторе типа МСПА-л 3,5:

1—кожух прожектора; *2*—металлический глубокий отражатель; *3*—лампа накаливания; *4*—крышка; *5*—патрон лампы; *6*—гайки крепления патрона; *7*—фланец; *8*—направляющие штифты; *9*—кронштейн; *10*—штифт с нарезкой; *11*—фокусирующая рифлёная гайка; *12* и *13*—обоймы фокусирующей гайки

Следует различать два способа установки лампы накаливания в корабельных прожекторах.

Первый способ. При короткофокусном глубоком отражателе лампа устанавливается в слепом отверстии в центре отражателя так, чтобы ось лампы совмещалась с оптической осью отражателя.

Второй способ. Лампу устанавливают перед отражателем так, чтобы ось лампы была перпендикулярна к оптической оси отражателя.

Лампа должна смещаться в некоторых пределах не только

при дефокусировке прожектора, но и при смене её, так как световой центр лампы даже у ламп одного и того же типа не всегда находится на одном и том же расстоянии от цоколя.

Рассмотрим способы установки ламп накаливания и конструкции механизмов для смещения лампы в прожекторе.

Первый способ. В прожекторе МСПА-л 3,5 (рис. 68) лампа накаливания с цоколем „Сван“ (мощностью 100 *вт* на напряжение 12 *в*) установлена в патрон, прикреплённый к штифту с мелкой винтовой нарезкой. На патрон жёстко надет фланец с двумя отверстиями. К кожуху прожектора прикреплён кронштейн с двумя направляющими штифтами. В скобе, укреплённой на кронштейне, установлена фокусирующая рифлёная гайка, которая навинчена на конец штифта. При вращении этой гайки штифт вместе с патроном лампы может передвигаться справа налево или слева направо, и лампа накаливания может быть сдвинута из фокуса отражателя. Всё это устройство помещается между вершиной отражателя и центром тыльной части кожуха. Для доступа к рифлёной гайке имеется отверстие, прикрытое крышкой. При вращении гайки по часовой стрелке лампа смещается к отражателю, при обратном вращении лампа удаляется от отражателя.

На рис. 69 показано фокусирующее приспособление сигнального прожектора, у которого 36-*см* стеклянный отражатель имеет более длинное фокусное расстояние. Здесь можно сдвигать лампу на большее расстояние вдоль оптической оси и поворачивать её вместе с патроном. Половина сферической колбы лампы снаружи покрыта отражающим слоем и таким образом представляет собой контротражатель.

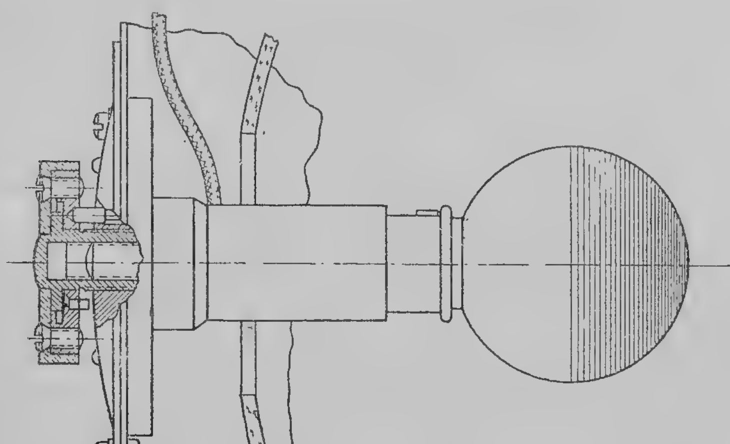


Рис. 69. Установка лампы в 36-*см* прожекторе

Второй способ. В катерном прожекторе МСПТ-л 2,5 установлена лампа накаливания мощностью 50 *вт* на напряжение 12 *в* (рис. 70). Лампа имеет специальный фокусирующий цоколь „Профокс“ и точно проверенное расположение нити накала по отношению к патрону. Кронштейн имеет в своём основании три продольных отверстия, в которые проходят фокусирующие винты со специальной шайбой. Этими винтами кронштейн крепится к кожуху прожектора. Патрон крепится на кронштейне стопорным винтом. Так как на практике этот прожектор дефокусировать не приходится, то положение патрона с лампой по отношению к отражателю регулируется на заводе, и винты, крепящие кронштейн, пломбируются. Фокусирующее приспособление позволяет перемещать световой центр источника света, поднимая и опуская его (при помощи винта), смещая его вправо или влево (смещением патрона в держателе) и перемещая вдоль оптической оси зеркала (сдвиганием кронштейна).

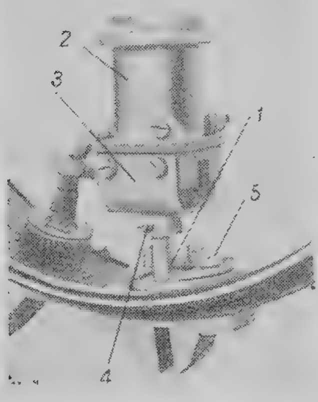


Рис. 70. Установка лампы в прожекторе МСПТ-л 2,5: *1*—кронштейн; *2* — патрон лампы; *3*—держатель патрона; *4* — винт; *5*— фокусирующие винты

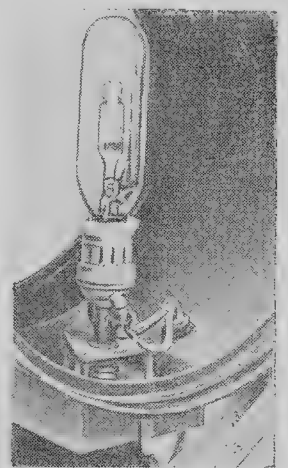


Рис. 71. Установка лампы на 1 000 *вт* в прожекторе МСПР-л 4,5

Часть колбы лампы закрашена чёрным лаком с целью экранирования прямого света лампы, выходящего из прожектора, в пределах большого угла рассеяния.

У прожектора МСПР-л 4,5 (см. рис. 64) лампа накаливания мощностью 1 000 *вт* на напряжение 110 или 220 *в*) с цоколем „Голиаф-Эдиссон“ установлена на вертикальном стержне (рис. 71), который проходит сквозь втулку и может закрепляться во втулке барашковым винтом, что даёт возможность повышать или

понижать световой центр лампы. Втулка приварена к треугольной площадке, которая имеет три стойки с нарезкой в нижней части и при помощи спиральной пружины отжимается вверх. Навинчивая снизу гайки на эти стойки, можно наклонить верхнюю площадку вместе с втулкой в любую сторону и тем установить лампу в фокусе или вывести её из фокуса в желаемом направлении. Иногда в этих прожекторах на одной стороне боковой стенки кожуха высверливается небольшое отверстие, а против этого отверстия на чёрной внутренней стороне стенки кожуха наносится небольшой белый крестик. Отверстие и крестик должны находиться на одной прямой линии, проходящей также и через фокус отражателя. Если при наблюдении в отверстие центр нити лампы накаливания находится на фоне центра белого крестика, следовательно, нить находится в фокусе отражателя. Отверстие после установки лампы закрывается винтовой пробкой, чтобы предотвратить попадание брызг в прожектор.

Описанные способы установки ламп накаливания в корабельных прожекторах, конечно, не охватывают всего многообразия конструкций держателей ламп и фокусирующих приспособлений.

Здесь рассмотрены лишь наиболее характерные случаи и указаны основные требования, которым эти устройства должны удовлетворять.

28. Простейшие приспособления для управления лучом прожектора

Способы зажигания и гашения луча. Корабельные прожекторы с лампами накаливания снабжены простейшими приспособлениями для управления лучом прожектора. Эти приспособления обеспечивают только зажигание и гашение луча при сигнализации и наведение прожектора на приёмник сигнала или объект освещения. Для передачи световых сигналов необходимо производить не менее 40 закрытий и открытий луча прожектора в минуту.

Способы быстрого гашения и повторного зажигания луча. Известно несколько способов быстрого гашения и повторного зажигания луча прожектора с лампой накаливания:

1. Зажигание и гашение луча путём п р е р ы в а н и я ц е п и п и т а н и я л а м п ы н а к а л и в а н и я специальным прерывателем. Такой прерыватель применяется у прожекторов типа МСПТ-л 3,5 с лампой накаливания мощностью 100 *вт* при напряжении 12 *в*. Этот способ применим только в прожекторах с лампой накаливания небольшой мощности, когда ток включения лампы невелик и нет сильного искрения на прерывателе.

2. Зажигание и гашение луча при помощи д и с к о в о й з а с л о н к и. Когда прожектор даёт свет, заслонка спрятана за боковой стенкой кожуха; если же надо быстро погасить луч, заслонка ручным приводом перемещается на оптическую ось между вершиной отражателя и источником света, находящимся

в фокусе. В таком положении заслонка экранирует отражатель от падающего на него светового потока. Но она не экранирует потока, выходящего через световое отверстие прожектора непосредственно от источника света, поэтому колбу лампы накаливания здесь следует использовать в качестве контротражателя или же покрывать её с противоположной от отражателя стороны чёрной эмалью.

3. Зажигание и гашение луча путём применения устройств, отклоняющих оптическую ось отражателя от первоначального положения, когда она точно направлена на приёмник сигнала. Этот способ прерывания действия луча в направлении приёмника сигнала применён у прожектора МСПТ-л 2,5. Здесь отражатель (см. рис. 65) установлен в качающейся раме, прикреплённой при помощи двух цапф к кожуху прожектора. Световая сигнализация осуществляется поворотом рамы на угол порядка 8°, нажатием на одну из двух педалей, расположенных с боков кожуха и жёстко связанных с рамой отражателя. Таким поворотом луч прожектора смещается вверх от первоначального положения, и наблюдатель, ранее освещённый лучом, перестаёт его видеть. Рама отражателя возвращается в исходное положение пружиной, при этом рама доходит до упорного винта, имеющего на конце резиновый амортизатор. Регулировка упорного винта должна производиться одновременно с установкой визира. При правильной установке упорного винта ось визирного приспособления должна быть параллельна оси луча прожектора.

4. Зажигание и гашение луча при помощи створчатых заслонов, называемых жалюзи. Жалюзи хотя и не являются наиболее совершенным приспособлением, всё же применяются довольно часто. У малых прожекторов с лампами накаливания жалюзи собираются чаще всего из нескольких сегментных пластин. Например, у прожектора типа МСПА-л 3,5 жалюзи состоят из семи створок (рис. 72). Центральная створка является ведущей для остальных. На конце оси центральной створки, выведенной из рамы жалюзи, укреплён рычаг с рукояткой для открывания и закрывания жалюзи. Закрываются жалюзи при помощи пружины.

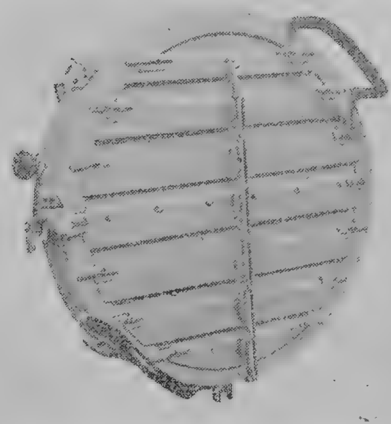


Рис. 72. Съёмная рама сегментных жалюзи прожектора МСПА-л 3,5

Жалюзи такой же конструкции, но с большим числом ство-

рок применены у прожекторов типа МСПР-л 4,5. При помощи специальной защёлки можно закрепить жалюзи в открытом состоянии. Основным недостатком такого устройства для закрывания и открывания луча является то, что даже при хорошем выполнении раскрытые створки жалюзи экранируют некоторую часть площади светового отверстия прожектора и уменьшают его силу света. Спустя некоторое время перпендикулярность пластинчатых створок жалюзи к плоскости светового отверстия нарушается, и при раскрытии они становятся наклонно, увеличивая потери на экранирование.

Иногда при проектировании стальных жалюзи ставится условие, чтобы жалюзи выдерживали без ремонта два миллиона открытий при частоте открытий 3 раза в секунду.

Способы наводки луча прожектора. Для наводки прожектора на приёмник сигнала освобождают крепление кожуха на лире и крепление поворотного стола и, пользуясь рукоятками (скобами), укреплёнными на кожухе, придают лучу соответствующее направление. Скобы для наведения луча имеются у большинства прожекторов, описанных выше. Чтобы наводка была точной, сигнальные прожекторы, как правило, снабжают каким-либо визирным приспособлением. У прожектора МСПТ-л 2,5 визирное приспособление установлено на верхней части кожуха и представляет собой две пластинки: одна с мушкой, другая с отверстием и крестом нитей, натянутых в этом отверстии. У прожекторов МСПА-л 3,5 и МСПР-л 4,5 на верхней части кожуха устанавливается стойка, к которой крепится призматический шестикратный монокуляр (половина бинокля).

В Англии изготовляются корабельные прожекторы с лампами накаливания диаметром 30, 45 и 60 *см*. Прожекторы, монтируемые на перилах, на кронштейнах, свободных концах или участках балок, снабжаются рукояткой для управления наводкой в горизонтальной плоскости снизу, как это видно из рис. 73. Рукоятки управления жалюзи имеются с обеих сторон кожуха. Эти рукоятки покрыты специальной эластичной пластмассой, которая предохраняет руку сигнальщика от ожога, когда рукоятка накаляется солнцем, и от обморожения зимой.



Рис. 73. Лёгкий корабельный прожектор с приспособлением для управления снизу

Когда прожектор устанавливается на крыше рубки, на специальной площадке или мостике,

а управление лучом производится снизу, тогда наводка луча может осуществляться одним из следующих способов.

Например, у прожектора „Сперри" (см. рис. 63) на кожухе укреплена шарнирно дуга, соединённая в нижней части с шарнирной тягой, идущей внутри короткой поворотной тумбы. Снизу эта тяга соединяется с рукояткой. Опускание рукоятки вниз втягивает штангу внутрь тумбы, дуга, закреплённая на кожухе, подымается вверх, и луч прожектора опускается вниз; подъём рукоятки вызывает подъём луча прожектора. Рукоятка жёстко связана с поворотной тумбой, и поворот рукоятки вправо или влево вызывает соответственно смещение луча в ту или другую сторону. В этой же рукоятке смонтировано устройство, включающее лампу накаливания прожектора под напряжение.



Рис. 74. Корабельный 45-*см* прожектор с трубчатой лирой

Иногда вместо дуги, охватывающей кожух, применяют просто шарнирную тягу, присоединяемую к кожуху снизу. В некоторых случаях нижний конец тяги снабжают двумя штурвалами, причём вращение одного из них даёт смещение луча в вертикальной плоскости, а вращение другого перемещает луч по горизонтали. На рис. 74 показан прожектор, луч которого наводится при помощи вращения двух штурвалов. В некоторых случаях штурвалы заменяются двумя шкивами, через которые перекидываются тросы или приводные канаты, цепи, ремни, и получается механическая система дистанционного управления лучом. Такие механические системы действуют надёжно при условии, что наблюдатель удалён от прожектора на расстояние не более 5 *м*. Если требуется удалить наблюдателя на большее расстояние, тогда приходится применять системы дистанционного электрического управления, когда поворот прожектора выполняют электродвигатели.

Рычажная система управления применена у катерного сигнального прожектора типа МСПТ-л 2,5 (см. рис. 65). Механизм наводки состоит из дуги (рис. 75), шарнирно закреплённой на кожухе прожектора, и из вилки с рукояткой, служащей для соединения с лирой. Внутри рукоятки помещена пружина, кото-

рая оказывает давление на фиксирующий штифт. Поворотом ручки штифт может быть убран внутрь втулки. Для крепления штифта в походном положении имеется стопор. При лёгком повороте ручки по часовой стрелке штифт войдёт внутрь втулки и выйдет из зубчатой впадины сектора. Опуская или поднимая ручку, можно наводить луч в вертикальной плоскости; пружина при повороте ручки отожмёт сектор *8* и тем освободит

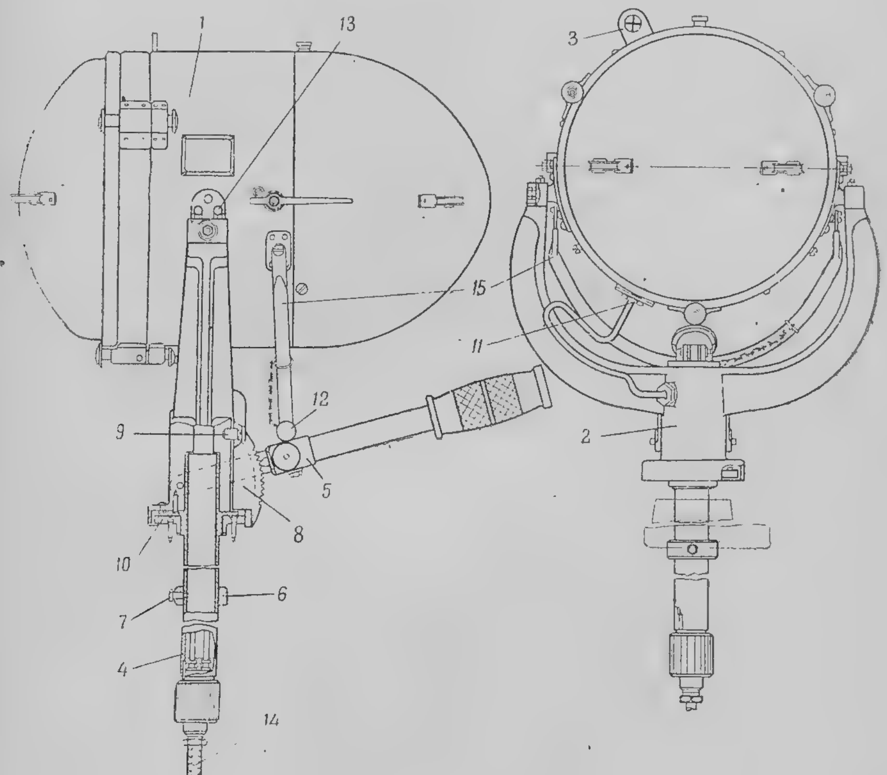


Рис. 75. Система управления прожектором типа МСПТ-л 2,5:
1—кожух прожектора; *2*—втулка лиры прожектора; *3*—визирное приспособление; *4*—стойка прожектора; *5*—рукоятка механизма наводки прожектора; *6* установочное кольцо; *7*—стопорный винт; *8*—качающийся зубчатый сектор; *9*—пружина; *10*—сектор горизонтальной наводки; *11*—ввод провода в кожух; *12*—палец механизма наводки; *13*—подшипник лиры; *14*—питающий провод; *15*—дуга механизма наводки

стопорение горизонтальной наводки. После этого можно производить поворот луча в горизонтальной плоскости. Произведя наводку, следует отпустить рукоятку, и прожектор будет застопорен в этом положении штифтами, находящимися под действием пружин.

Поворотная часть основания прожектора МСПТ-л 2,5 представляет собой втулку, отлитую вместе с лирой. Внизу втулка

имеет уширение, где располагаются два кольца, к которым подключены два проводника питающего кабеля. При помощи полого штока прожектор устанавливается в специальный кронштейн, который виден на рис. 65. Закрепление прожектора в кронштейне производится установочным кольцом со стопорными винтами. В нижней части штока смонтирована штепсельная вилка. Чтобы снять кожух прожектора с лиры, нужно отключить провод от патрона лампы и, вывернув гайку сальника, потянуть провод из сальника кожуха, вынуть палец, отвернуть гайки, и тогда снимется кожух вместе с подшипниками и вилкой, охватывающей кожух.

Малые корабельные прожекторы с лампами накаливания разбирают и укладывают в деревянные ящики, в которых также находятся некоторые запасные части, принадлежности и инструмент, необходимые для ухода за установкой. Все детали в укладочных ящиках закрепляются при помощи ремней и прижимных колодок. Количество запасных частей, принадлежностей и инструментов должно соответствовать описи ящика, укладываемой внутрь его.

Основные данные корабельных прожекторов с лампами накаливания приведены в приложении 4.

Глава VII

ДЕТАЛИ ДУГОВЫХ КОРАБЕЛЬНЫХ ПРОЖЕКТОРОВ

29. Кожух прожектора и его детали

Конструкция кожуха. Современные корабельные дуговые прожекторы бывают чаще всего закрытого типа. Они имеют: кожух с цилиндрическими боковыми стенками, несущими основные механизмы дуговой лампы; выпуклое днище, несущее оправу отражателя; переднее литое кольцо, являющееся оправой для плоского или куполообразного защитного стекла, а также рамой для жалюзи и ирисовой диафрагмы.

Прожекторы часто отличаются один от другого именно конструкцией кожуха. Следует различать две конструкции кожухов корабельных дуговых прожекторов:

— кожухи, собранные только из литых деталей;

— кожухи, собранные из штампованных, кованых, литых и точёных деталей.

Конструкция кожуха должна обеспечивать возможность быстрого и удобного обслуживания прожектора во время эксплоатации, ремонта, замены отражателя, защитного стекла, лампы и других механизмов и приборов, находящихся внутри и снаружи кожуха. Иногда кожух состоит из нескольких отливок из антикоррозийных сплавов, часто применяются сплавы алюминия — силумин [1], дюраль; иногда отливки выполняются из стали, бронзы и чугуна.

Рассмотрим несколько образцов кожуха, собранных из литых деталей.

Кожух 45-*см* дугового прожектора „Сперри" состоит из следующих литых деталей: основного цилиндра, коробчатого кожуха вентилятора и кольцевой рамы плоского секторного защитного стекла.

Основной цилиндр имеет выпуклое днище с приливами для крепления отражателя; нижний коробчатый прилив для установки автомата лампы; верхний плоский срез для крепления кожуха вентилятора; плоские срезы-приливы на боковых стенках для

[1] Силумин — кремнистый алюминий, т. е. сплав 85% алюминия, 12% кремния, 1% железа, 0,6% меди и 0,5% марганца.

установки цапф кожуха, при помощи которых он подвешивается на лиру.

Кольцевая рама защитного стекла подвешена на кожухе так, что она может открываться, как дверки, давая доступ внутрь кожуха для установки углей, регулировки лампы, чистки отражателя и защитного стекла. Вместе с рамой защитного стекла подвешена другая рама с рассеивателем, которая мо-

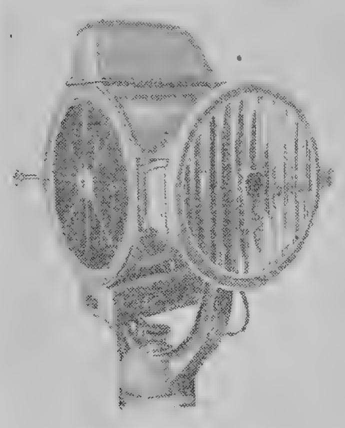


Рис. 76. Пример установки откидной рассеивающей рамы на 45-*см* дуговом прожекторе „Сперри"

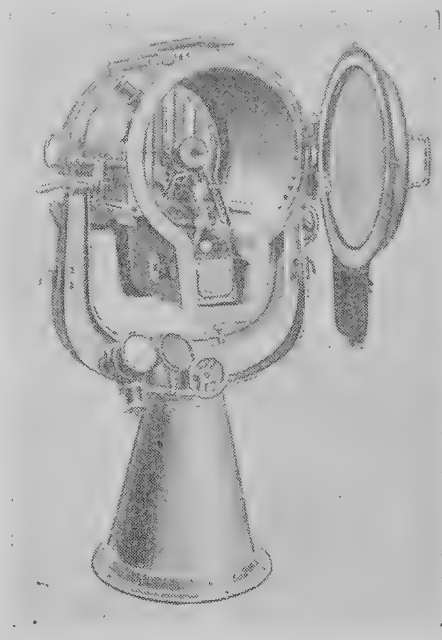


Рис. 77. 45-*см* дуговой французский корабельный прожектор

жет быть открыта и закреплена в таком положении, как показано на рис. 76, или может перекрывать световое отверстие поверх рамы защитного стекла, и тогда луч прожектора будет рассеянным.

На рис. 77 представлен 45-*см* дуговой корабельный прожектор, у которого кожух состоит из трёх отдельных отливок: основного цилиндра с коробчатым приливом для автомата дуговой лампы, открывающейся рамы с отражателем, рамы защитного стекла и жалюзи.

Кожух 60-*см* прожектора типа МПЭ-Э6,0-2 (рис. 78) устроен следующим образом. Основная отливка — цилиндр с выпуклым днищем — служит для установки дуговой лампы. В тыльной части цилиндр имеет оправу для отражателя, на верхней части установлен вентилятор, мотор которого одновременно приводит в действие и автомат лампы.

Передняя отливка несёт на себе раму с защитным стеклом, жалюзи с электромагнитом для привода и ирисовой диафрагмой.

Обе отливки выполнены из силумина. Переднее защитное стекло куполообразной формы, вставлено в съёмную раму, крепящуюся к передней отливке четырьмя винтами с маховичками. Передняя отливка присоединена к основной шарнирно. При освобождении четырёх винтов с маховичками, которыми передняя отливка крепится в закрытом положении, она может быть открыта как дверца для доступа внутрь кожуха. Для ограничения угла открытия и предотвращения самозакрывания в верхней части установлены ограничительные тяги, запираемые в открытом положении ползуном. Основной цилиндр имеет с правой стороны (по лучу) зубчатый сектор, прикреплённый тремя шпильками. В зубчатом секторе закреплена правая цапфа. На секторе помещён вертикальный лимб, градуированный в градусах. С левой стороны основного цилиндра установлен на шпильках кронштейн, к которому прикреплена левая цапфа. В этом же кронштейне имеется отверстие для штыря, которым кожух крепится по-походному; другой конец штыря закреплён шарнирно на поворотном столе. Цапфы кожуха опираются на шарикоподшипники, закреплённые в алюминиевых корпусах.

До 1937 г. кожухи прожекторов типа МПЭ-Э6,0-2 подвешивались на подшипниках скольжения, а вертикальный лимб не закреплялся на зубчатом секторе. Вместо этого на кожухе над зубчатым сектором закреплялись трубка с лампой накаливания и указатель. Указатель освещался вместе с делениями вертикального лимба, который в этом случае закреплялся на правом подшипнике.

Кожух корабельных 90-*см* прожекторов типа МПЭ-Э9,0-2 (рис. 79) состоит из трёх основных отливок из силумина:

1) переднего усечённого конуса, несущего на себе защитное стекло, жалюзи и ирисовую диафрагму;

2) центрального цилиндра, внутри которого установлена дуговая лампа, а на его верхней части — вентилятор с мотором;

3) рамы отражателя с установленным в ней стеклянным отражателем.

Защитное стекло в прожекторах этого типа (обр. 1932 г.) устанавливалось непосредственно в проточку передней отливки. Начиная с 1937 г. защитное стекло устанавливается в отдельную раму, крепящуюся к передней части кожуха четырьмя винтами с маховичками. Рама подвешена на переднюю часть при помощи крючков.

Передний усечённый конус соединён с центральным цилиндром посредством оси шарнирного соединения. Для закрепления переднего цилиндра в закрытом положении служат такие же, как и у рамы защитного стекла, винты с маховичками. Для ограничения открытия передняя часть кожуха связана с задней ограничительной тягой.

Центральный цилиндр является основной частью кожуха. С правой стороны его на четырёх шпильках укреплён зубчатый сектор, служащий для передачи кожуху вращения от механизма

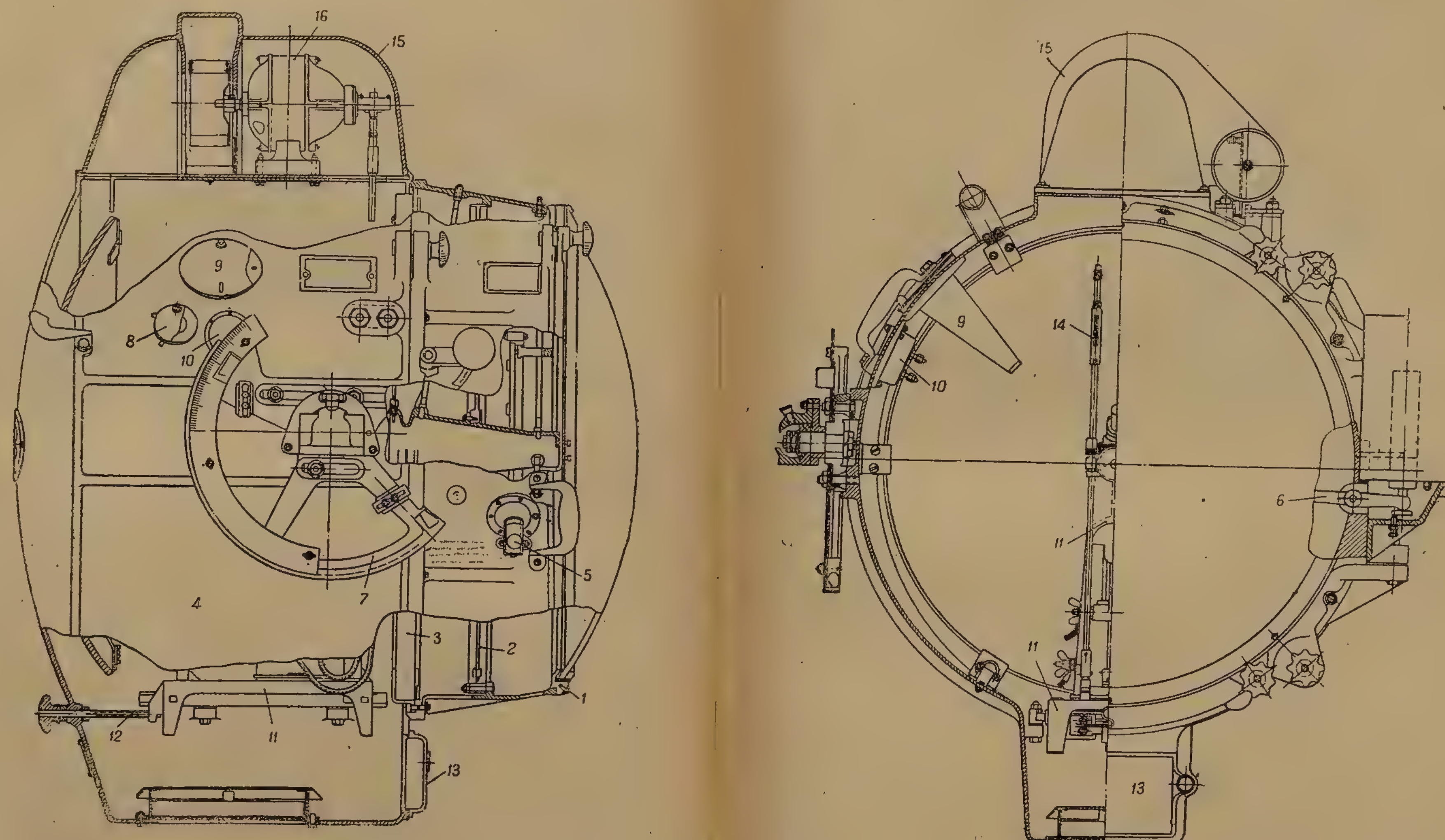


Рис. 78. Кожух 60-*см* корабельного прожектора типа МПЭ-Э6,0-2:

1—рама защитного стекла; *2*—жалюзи; *3*—ирисовая диафрагма; *4*—основная отливка кожуха; *5*—рычаг ручного управления жалюзи; *6*—рычаг привода жалюзи от электромагнита; *7*—зубчатый сектор; *8*—смотровое окно; *9*—проекционное приспособление; *10*—кнопка ускорения подачи анода; *11*—дуговая лампа прожектора; *12*—фокусирующий винт; *13*—крышка для доступа к автомату лампы; *14*—соединительная втулка; *15*—кожух вентилятора; *16*—мотор вентилятора

вертикального наведения. В центре зубчатого сектора укреплена правая цапфа. Левая цапфа установлена в кронштейне, прикреплённом на трёх шпильках к кожуху. Как зубчатый сектор, так и кронштейн левой цапфы могут перемещаться вдоль оси центрального цилиндра, чтобы совмещать центр тяжести кожуха с осью цапф (балансировка кожуха на лире).

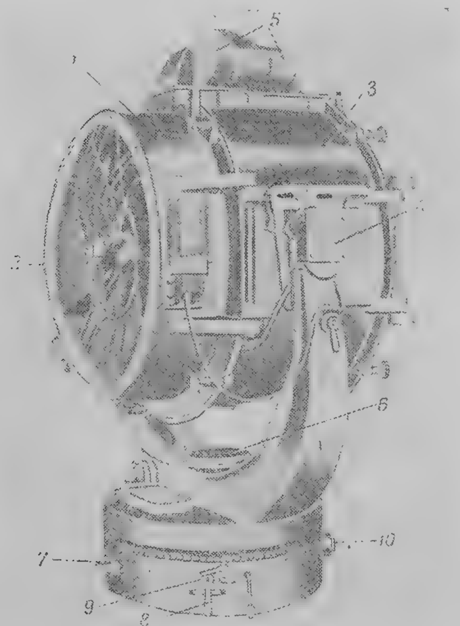


Рис. 79. Общий вид прожектора типа МПЭ-Э9,0-2 обр. 1932 г.:

1—передняя отливка кожуха; *2*—защитное стекло; *3*—центральный цилиндр; *4*—коробка механизма обратного контроля вертикального вращения; *5*—защитные сетки на выходных отверстиях вентилятора; *6*—коробка механизма обратного контроля горизонтального вращения; *7*—рукоятка главного рубильника; *8*—рукоятка переключения механизма горизонтального вращения с моторного привода на ручной; *9*—рукоятка тормоза горизонтального вращения; *10*—штепсельная розетка для подключения переносной лампы

В прожекторах обр. 1934 г. цапфы опираются на подшипники скольжения, а в прожекторах обр. 1938 г. (рис. 80) на шариковые подшипники. На правой стороне кожуха, кроме зубчатого сектора, установлены автомат лампы и другие приспособления для управления дуговой лампой и прожектором. На прожекторах обр. 1938 г. на зубчатом секторе установлен лимб вертикального вращения. Кожухи, составленные из нескольких отливок, хотя и прочны, но вместе с тем достаточно тяжелы.

Тонкостенные отливки сложной формы и больших размеров трудно выполнимы технологически, а чтобы достигнуть прочного крепления деталей к кожуху прожектора, приходится допускать приливы с плавными переходами от тонкостенной части к утолщению, устраивать *специальные* приливы в виде рёбер жёсткости и закругления между всеми *пересекающимися* стенками и рёбрами. Всё это утяжеляет конструкцию кожуха, что является её основным недостатком.

Некоторые фирмы строят корабельные прожекторы с кожухом, собранным из большого количества деталей, скреплённых болтами, склёпанных и сваренных. Кожух сборной конструкции имеет следующее устройство. Центральная цилиндрическая часть состоит из двух литых или сварных колец, жёстко соединённых продольными связями,

наподобие колец барабана, забранных изнутри листовым материалом. Тыльная стенка, прикрывающая отражатель сзади, штампуется из листового материала и присоединяется к литой или штампованной раме-оправе отражателя. Рама защитного стекла делается из литых и штампованных колец.

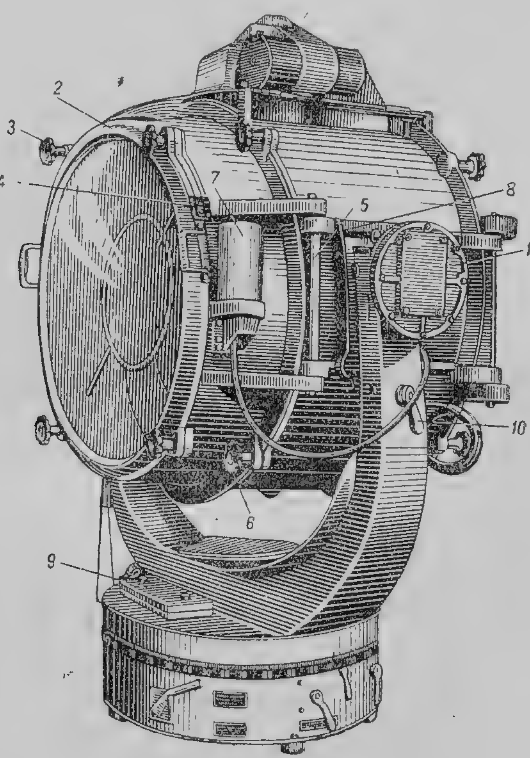


Рис. 80. Общий вид прожектора типа МПЭ-Э9,0-2 обр. 1933 г.:
1—механизм обратного контроля вертикального вращения; *2*—съёмная рама защитного стекла; *3*—маховичок со шпилькой для крепления рамы защитного стекла к кожуху; *4*—крючки для подвешивания рамы защитного стекла до её закрепления; *5*—ось шарнира, на котором открывается передняя рама кожуха; *6*—маховичок крепления передней рамы кожуха; *7*—электромагнит привода жалюзи; *8*—кронштейн левой цапфы кожуха; *9*—крышки люка для доступа к контактным щёткам и кольцам; *10*—рукоятка штыря крепления кожуха по-походному

Корабельные прожекторы многих иностранных фирм имеют кожухи сборной конструкции. Некоторые из этих прожекторов будут частично рассмотрены при последующем описании материальной части корабельных прожекторов.

Крепление отражателя. Внутри кожуха дугового прожектора в специальной оправе крепится стеклянный параболический отражатель. К креплению отражателя предъявляются следующие требования:

1. Крепление должно быть достаточно жёстким, не допускающим ни малейшего радиального смещения отражателя при толчках и сотрясениях прожектора.

2. Отражатель должен быть посажен в раму крепления настолько плотно, чтобы не допускать никакого вибрирования кромок.

3. Крепление должно быть настолько эластичным, чтобы допускать расширение и сжатие отражателя при нагреве и охлаждении.

4. Должны быть приняты все меры предосторожности, чтобы избежать деформирования отражателя креплением (проточка рамы-оправы, равномерная толщина подкладок, проверка смятия подкладок под тяжестью отражателя, диаметральная установка пружин, пластин и винтов крепления и равномерное давление пружин на кромку отражателя).

5. Крепление должно предусматривать доступ охлаждающего воздуха к тыльной поверхности отражателя для охлаждения наиболее сильно нагревающихся участков.

6. Крепление должно быть выполнено при помощи подкладок из такого материала, который не оказывает никакого вредного химического воздействия на отражающий слой, не усыхает с течением времени и не меняет плотности и упругости с изменением температуры (пригодны асбест, войлок, фетр, замша; не допускаются резиновые подкладки).

7. Оптическая ось отражателя, установленного в кожухе, должна лежать в плоскости, перпендикулярной к двум другим взаимно перпендикулярным плоскостям, проходящим через оси горизонтального и вертикального вращения прожектора.

Если крепление отражателя удовлетворяет всем этим требованиям, то отражатель будет действовать длительное время. Внешне крепление отражателей корабельных прожекторов выглядит довольно примитивно, но по существу оно работает в довольно тяжёлых условиях (сотрясения и вибрации при качке, воздействие ударных волн, возникающих при стрельбе из орудий крупного калибра). Поэтому уместно поставить некоторые дополнительные требования, а именно: крепление должно амортизировать толчки при артиллерийской стрельбе и допускать удобное и простое наблюдение за его состоянием.

Иногда корабельные прожекторы снабжаются стеклянными армированными отражателями, которые с тыльной стороны, кроме защитного медного покрытия, имеют ещё стальную проволочную сетку. Сетка, находясь в середине между слоями медного защитного покрытия, прочно связывает отдельные части отражателя и не даёт им сдвигаться с места при растрескивании последнего.

Останавливаясь на конкретных примерах крепления отражателей, следует заметить, что у прожекторов МПЭ-Э6,0-2 и МПЭ-Э9,0-2 отражатели крепятся однотипно на проточенных приливах, имеющихся на днище кожуха, при помощи асбестовых прокладок и твёрдых крепящих лапок.

У итальянского прожектора „Галилео“ отражатель устанавливается на опорных колодках, которые прикрепляются винтами к основной тыльной раме кожуха, а к этим колодкам крепится уголковая рама, на которой лежит отражатель, и к ним же привинчиваются пластины крепления. Одна из полок этой уголковой рамы обклеена несколькими слоями замши, и на неё опирается тыльная поверхность кромки отражателя. Лицевая поверхность кромки отражателя прижимается двухконечными ленточными пружинами, установленными попарно (по числу колодок) и укреплёнными винтами к колодкам. Общее число пружин 24 шт.

Крепление защитных стёкол, как плоских, так и куполообразных, должно удовлетворять указанным выше требованиям. Кромка защитного стекла чаще всего прижимается к проточенной полке рамы-оправы сплошной кольцевой пластиной. Стекло опирается на детали крепления через асбестовые прокладки. Предпринимаются попытки крепить защитные стёкла так, чтобы создать противодействие ударным волнам при стрельбе, а также попытки получить надёжно действующие механические амортизирующие устройства, обеспечивающие сохранность защитного стекла в условиях наибольших нагрузок от внешнего воздействия.

Вентиляция прожектора. Чтобы продукты горения дуги (копоть и газы) не задерживались в кожухе и не оседали на отражателе и защитном стекле, а также, чтобы все механизмы и отдельные детали кожуха не нагревались свыше допустимых пределов, кожух прожектора снабжается системой принудительной вентиляции.

К системе вентиляции кожуха предъявляются требования безотказного действия при любых положениях кожуха, при порывах ветра и при любых температурных условиях. Кожух прожектора снабжается некоторым количеством вентиляционных отверстий и отверстий для доступа воздуха, прогоняемого вентилятором через кожух. Все эти отверстия должны быть устроены так, чтобы они были светонепроницаемы для прямых лучей источника света и не демаскировали прожектор. Кроме того, отверстия должны быть перекрыты щитками так, чтобы брызги воды и ветер не влияли на спокойное горение дуги.

Рассмотрим некоторые вентиляционные системы корабельных прожекторов. У дуговых прожекторов сравнительно небольшой мощности (45—60 *см*) система вентиляции более простая. В частности, у прожектора МПЭ-Э6,0-2 на верхней части основной цилиндрической отливки кожуха (см. рис. 78) установлен вентилятор в виде колеса типа „Сирокко“. Это колесо закреплено на валу электромотора типа СМП-76/42 (с 1939 г. мотор типа МП-55/50).

Вентилятор вытягивает через отверстие в верхней части кожуха продукты горения дуги и протягивает за отражателем воздух, поступающий внутрь кожуха через отверстия в дне нижнего коробчатого прилива.

Для предотвращения проникания наружу света от дуги через нижние вентиляционные отверстия последние перекрыты железной кадмированной крышкой. Мотор вентилятора через червячную передачу, установленную на другой стороне (по отношению к колесу „Сирокко"), и карданный валик приводит в действие автомат лампы.

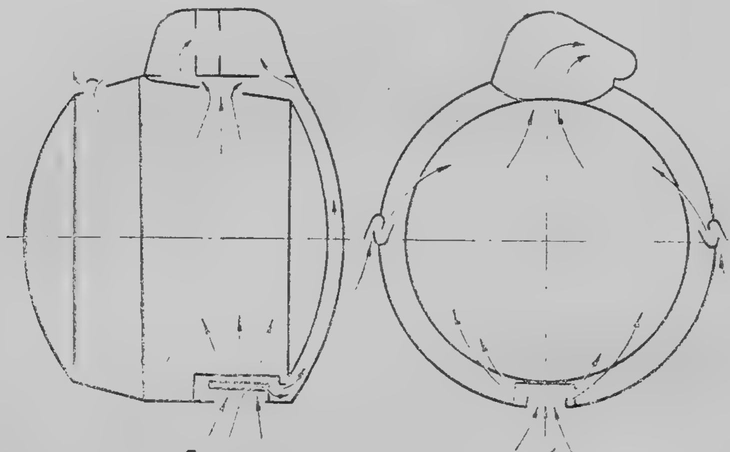


Рис. 81. Схема вентиляции кожуха прожектора МПЭ-Э9,0-2 (направление потоков воздуха показано стрелками): *а*—вид сбоку; *б*—вид спереди

Несколько сложнее устроена система вентиляции у прожекторов типа МПЭ-Э9,0-2 (рис. 81). Вентилятор в виде колеса „Сирокко", приводимого во вращение электромотором типа МП-78/125, вытягивает через верхнее центральное отверстие продукты горения дуги и протягивает охлаждающий воздух через заднее верхнее отверстие за отражателем. Кроме того, в верхней части передней отливки кожуха устроены вентиляционные отверстия, также перекрытые козырьками, препятствующими прониканию внутрь кожуха воды, а наружу света из кожуха. Для доступа свежего воздуха, взамен отсасываемого вентилятором, в нижней части кожуха имеются два больших отверстия, перекрытые сетками. В прожекторах этого типа, выпущенных до 1937 г., оба эти отверстия располагались под стойкой дуговой лампы и прикрывались общей крышкой в виде коробки. В прожекторах, выпускаемых с июля 1937 г., эти отверстия расположены справа и слева от стойки лампы и прикрыты каждое отдельной коробкой. Коробки служат для предотвращения проникания света наружу

и для направления основной массы воздуха под отражатель. Кроме нижних отверстий, справа и слева на боковых стенках основного цилиндра имеются отверстия, также перекрытые защитными козырьками и изнутри и снаружи.

Некоторые конструкторы считают, что главнейшей задачей вентиляционной системы прожектора является охлаждение стеклянного отражателя, и строят её, исходя из этих соображений. На рис. 82 представлены кривые равных температур нагрева различных участков поверхности двух стеклянных параболических отражателей после продолжительного непрерывного горения дуги. Температуры были измерены термопарами в нескольких точках, расположенных по радиальным направлениям от центра отражателя.

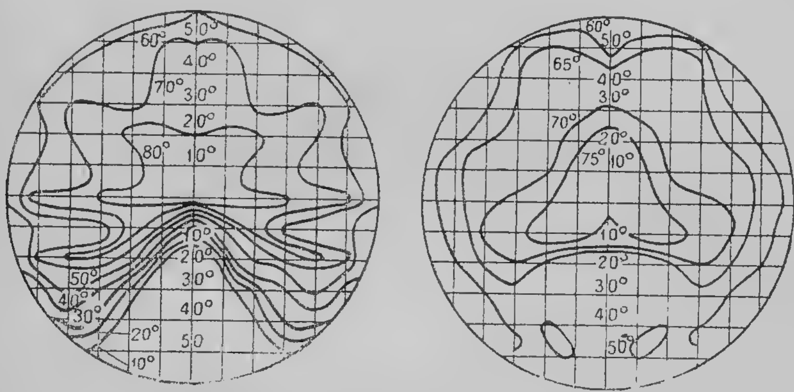


Рис. 82. Распределение температуры по поверхности отражателя (два вида кривых равных температур)

По виду кривых равных температур можно судить о том, что наиболее сильно нагревается верхняя центральная часть отражателя и менее нагревается нижняя часть. Такой неравномерный нагрев может вызвать разрушение параболического отражателя, особенно если принять во внимание имеющиеся в стекле остаточные внутренние напряжения.

Поэтому 90-*см* итальянский корабельный прожектор „Галилео" снабжён вентиляционной системой такого типа. Крыльчатый вентилятор вместе с электромотором, приводящим его во вращение, установлен точно в центре выпуклой тыльной крышки кожуха. Вентилятор засасывает охлаждающий воздух в пространство между тыльной стенкой кожуха и отражателем. Последний омывается потоками охлаждающего воздуха, который затем, вместе с продуктами горения дуги, удаляется из кожуха прожектора посредством естественной вытяжки через отверстия в верхней части цилиндрических стенок кожуха.

Некоторые конструкторы применяют в прожекторах каминную систему вентиляции, когда продукты горения дуги вытягиваются

из кожуха непосредственно от дуги через специальную трубу-камин, а охлаждение деталей и механизмов внутри кожуха осуществляется естественными конвекционными токами воздуха через полость кожуха в вытяжные отверстия. Каминная система вентиляции имеет особый смысл при наличии инвертированной или перевёрнутой дуговой лампы. Сущность этого устройства заключается в следующем. Параболический отражатель, как известно (см. рис. 32, *а*, *б*, *в*), дает действительное, но обратное изображение источника света. Поэтому пламя, возвышающееся над дугой повышенной яркости, отображается отражателем в нижней части луча и создаёт рассеяние на нижней кромке луча. Этот рассеянный световой поток освещает подножие прожекторной установки и демаскирует её расположение, а кроме того, мешает наблюдению за освещаемыми целями. Чтобы устранить этот недостаток, дуговую лампу устанавливают в прожектор так, что отрицательный электрод помещается под углом выше положительного. При этих условиях дуговое пламя оттягивается вентиляцией вниз, отображается отражателем в верхней части луча, а нижняя кромка луча получает резкое очертание.

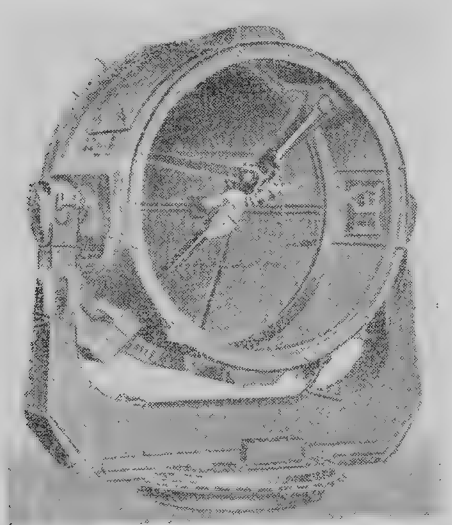


Рис. 83. Корабельный прожектор „Лоннекер" с перевёрнутой дуговой лампой

Каминная вытяжка создаёт нормальные условия горения дуги и удаляет из кожуха продукты горения. Система вентиляции, общая для всего кожуха, действовала бы здесь менее надёжно.

В качестве примера прожектора с перевёрнутой дуговой лампой можно указать на голландский прожектор „Лоннекер" (рис. 83).

Иногда, применяя каминную систему вентиляции при неперевёрнутой лампе, стремятся, с одной стороны, более надёжно удалить из кожуха продукты горения, а с другой стороны, просто экранировать камином пламя дуги. Перевёрнутые дуговые лампы и каминная система вентиляции встречаются у корабельных прожекторов и других иностранных фирм.

Арматура кожуха. На кожухе прожектора монтируются специальные устройства для управления лучом:

1. Жалюзи — створчатый заслон для быстрого закрывания и открывания светового отверстия прожектора при сигнализации.

2. Ирисовая диафрагма — для постепенного уменьшения действующей площади светового отверстия и изменения силы света прожектора.

3. Визирное приспособление — для наведения прожектора точно по заданному направлению.

4. Проекционное приспособление — для наиболее удобного наблюдения за горением дуги и её положением в пространстве.

5. Дефокусирующее приспособление — для изменения угловой ширины луча.

В некоторых случаях плоскость светового отверстия прожектора перекрывают рассеивателем.

Все эти приспособления более подробно будут описаны ниже, совместно с другими приборами управления прожекторами, которые изготовляются отдельно от прожектора.

На кожухе прожектора устраиваются: смотровые окна для наблюдения за горением дуги, перекрытые тёмными сине-красными стёклами; люки для доступа внутрь кожуха к некоторым деталям и механизмам без открывания тяжёлой дверцы с защитным стеклом или с отражателем и без прекращения действия прожектора. Все дверцы и люки кожуха должны быть непроницаемы для водяных брызг, поэтому они имеют резиновое уплотнение.

Для освещения внутренней полости кожуха там помещают лампочку накаливания, которая включается во время смены электродов или осмотра механизмов дуговой лампы. Электропроводка внутри кожуха выполняется материалами с теплостойкой и влагостойкой изоляцией.

30. Поворотные механизмы прожектора

Подвеска кожуха на лире. На боковых стенках кожуха устанавливаются цапфы — приставные опорные концы вала, образующие собой ось вращения кожуха на лире, для изменения положения оптической оси прожектора в вертикальной плоскости. Цапфы должны быть установлены так, чтобы ось вращения проходила через центр тяжести кожуха и лежала в вертикальной плоскости, перпендикулярной к горизонтальной, проходящей через оптическую ось прожектора. Таким образом, кожух должен быть сбалансирован на лире и, будучи не заторможен, должен оставаться в любом положении в состоянии безразличного равновесия. От приложения небольшого усилия кожух должен выходить из равновесия и после некоторых колебаний снова останавливаться.

Соблюдение этого условия создаёт возможность расходовать меньше энергии на поворот прожектора в вертикальной плоскости и более надёжно наводить луч. Положение цапф у прожекторов различных типов неодинаково; иногда они стоят выше геометрической оси кожуха, иногда — ниже.

Балансировку кожуха приходится время от времени изменять, например после замены отражателя, после установки жалюзи,

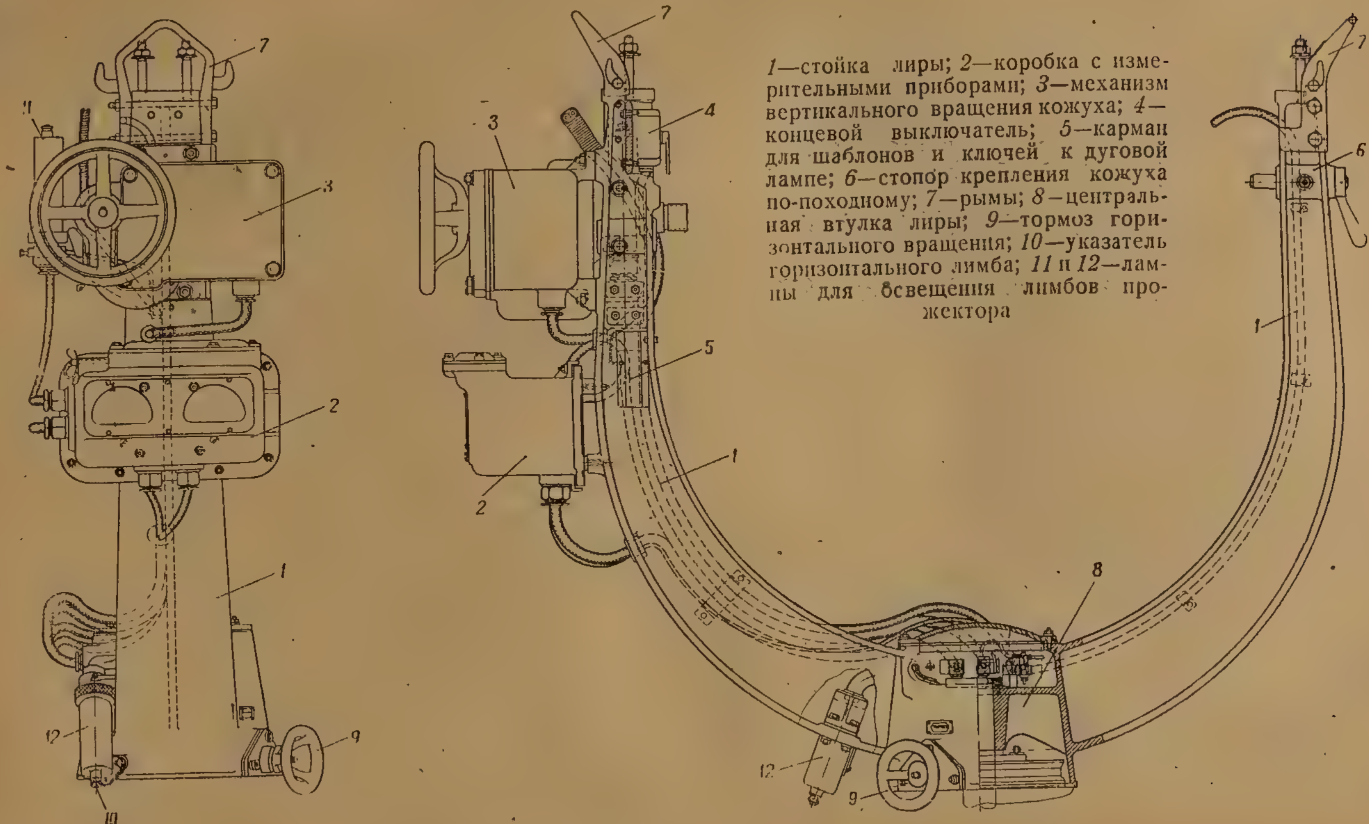


Рис. 84. Лира корабельного 60-*см* прожектора МПЭ-Э6,0-2:

1—стойка лиры; *2*—коробка с измерительными приборами; *3*—механизм вертикального вращения кожуха; *4*—концевой выключатель; *5*—карман для шаблонов и ключей к дуговой лампе; *6*—стопор крепления кожуха по-походному; *7*—рымы; *8*—центральная втулка лиры; *9*—тормоз горизонтального вращения; *10*—указатель горизонтального лимба; *11* и *12*—лампы для освещения лимбов прожектора

рассеивателя и т. д. Тогда цапфы крепятся к кожуху подвижно, и последний можно смещать относительно лиры вперёд или назад и иногда даже вверх и вниз. Подвижно закреплены цапфы у прожекторов МПЭ-Э6,0-2 и МПЭ-Э9,0-2, у прожекторов ВВТ и др.

Кожух при помощи цапф подвешивается на лире, на концах стоек которой устанавливаются опорные подшипники.

Лира представляет собой чаще всего две кривые стойки, связанные в нижней части. Иногда лира выполняется в виде одной отливки из двух брусьев или стоек вместе с верхним диском поворотного стола прожектора. В других случаях каждая стойка изготовляется отдельно, а затем они привариваются, крепятся на болтах или заклёпках к диску поворотного стола. По способу изготовления лиры могут быть литые, кованые, сварные и вообще сборные; по очертанию они могут быть криволинейными на всей длине или же с двумя-тремя изгибами и с прямолинейными участками. Стойки лиры могут иметь в сечении различный профиль.

На рис. 84 показана лира прожектора МПЭ-Э6,0-2, представляющая собой отливку из силумина. Стойки лиры — кривые брусья двутаврового профиля переменного сечения. На правой стойке установлены: коробка с измерительными приборами, механизм вертикального вращения кожуха, концевой выключатель, карман для ключей и шаблонов к дуговой лампе. На левой стойке установлен стопор крепления кожуха по-походному. Обе стойки на верхних концах имеют рымы (скобы для подъёма прожектора краном) с крюками для крепления талрепов.

Лира отлита в одно с верхней частью поворотного стола, которая в данном случае является центральной втулкой с расточкой для подшипников центрального штыря оси горизонтального вращения и переходных панелей. На центральной втулке смонтированы тормоз горизонтального вращения и указатель горизонтального лимба. На правой части лиры установлены две лампы в специальных оправах для освещения вертикального и горизонтального лимбов.

На рис. 85 показано размещение и устройство переходных панелей. На прожекторах, выпущенных до 1938 г., этих переходных панелей не было, а также не было лампы для освещения вертикального лимба.

У прожектора МПЭ-Э9,0-2 лира также представляет собой одну отливку с верхним диском поворотного стола и также имеет криволинейное очертание (см. рис. 79 и 80). Профиль сечения лиры — замкнутый прямоугольник с рёбрами жёсткости на определённых расстояниях вдоль по длине стоек. На обеих стойках лиры установлены те же детали, что и у прожектора МПЭ-Э6,0-2. Около подшипника левой цапфы установлена коробка механизма обратного контроля, а центральный узел прожектора (под диском поворотного стола) устроен иначе.

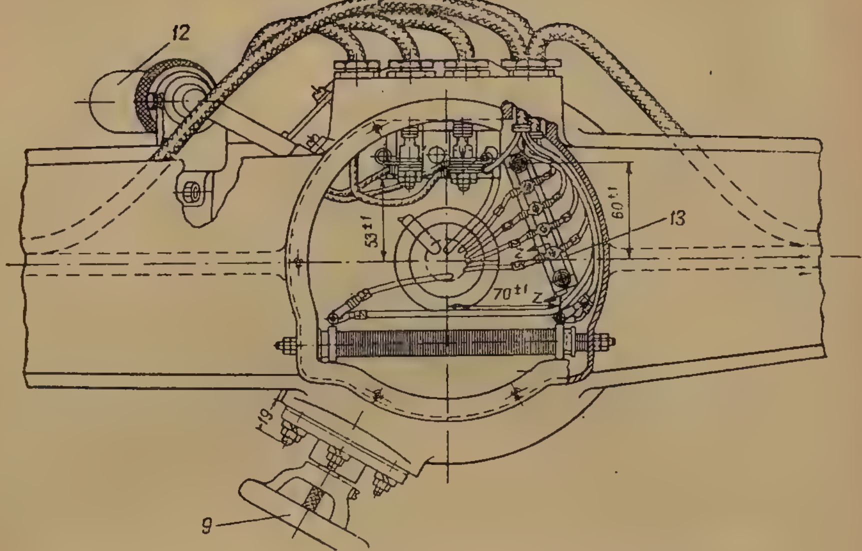


Рис. 85. Вид центральной втулки лиры снизу:
9—штурвал; *12*—лампа для освещения горизонтального лимба; *13*—переходные панели для присоединения проводов

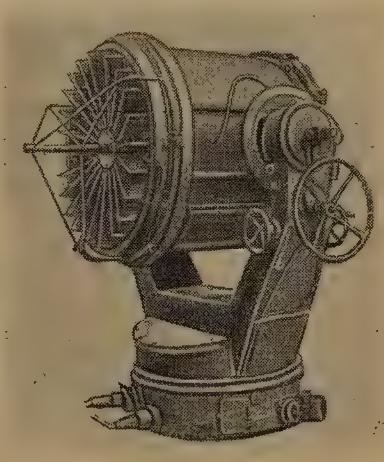


Рис. 86. Общий вид 90-*см* корабельного прожектора „Галилео"

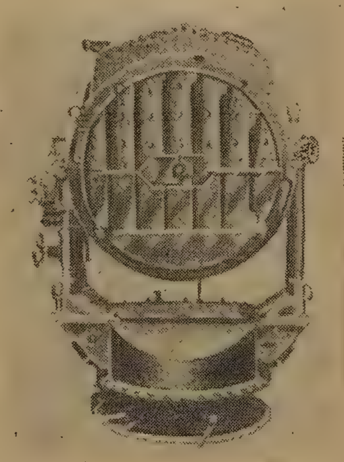


Рис. 87. Общий вид 60-*см* немецкого корабельного прожектора

Итальянские корабельные прожекторы „Галилео“ имеют тяжёлую лиру сборной конструкции, сваренную из отдельных плит, с люками для доступа к деталям механизма вертикального вращения и электромеханизмам, размещённым внутри коробчатых пустотелых стоек.

На рис. 86 показан 90-*см* корабельный прожектор „Галилео“, где видны люки в левой стойке лиры.

Корабельный 120-*см* прожектор типа МПЭ-Э12,0-1 отечественного производства имеет литую силуминовую лиру. Стойки лиры, полые внутри, использованы для монтажа некоторых электромеханизмов.

На рис. 87 показан 60-*см* немецкий корабельный прожектор. Лира его имеет следующую конструкцию: стойки образованы двумя вертикальными стальными трубами, связанными вверху общими литыми корпусами подшипников цапф, а внизу — специальными литыми кронштейнами, которые соединяются с некоторыми деталями верхней части поворотного стола. Такая лира более проста в производстве и может быть изготовлена достаточно лёгкой и прочной.

Механизм вертикальной наводки. Для поворота кожуха дугового прожектора вокруг оси цапф и для наведения луча в вертикальной плоскости необходим специальный механизм вертикального вращения. У большинства корабельных прожекторов этот механизм составляют следующие основные элементы:

1) зубчатый сектор, жёстко сидящий на одной из цапф кожуха или на боковой стенке кожуха;

2) приводные механизмы для вращения этого сектора от электромотора и от штурвала;

3) приспособления для переключения с электромоторного привода на ручной и обратно.

Конструктивно эти механизмы могут быть выполнены различно, в зависимости от веса кожуха, от места расположения электромотора для привода, от системы управления прожектором, а также и от того, снабжается ли прожектор стабилизирующим устройством. Очень часто эти механизмы у различных прожекторов не имеют больших отличий. Например, у прожекторов типа МПЭ-Э6,0-2 и МПЭ-Э9,0-2 механизмы вертикального вращения (рис. 88) выполнены принципиально совершенно одинаково.

На валике электромотора *1* типа МП-78/35 для МПЭ-Э6,0-2 и типа МП-110/250 для МПЭ-Э9,0-2 закреплён одноходовой червяк *2*. Червяк вращает червячное колесо *3*, которое сидит свободно на валике *4*. Для сцепления червячного колеса с валиком служит втулка *5*, сидящая на валике *4* на шпонке так, что не может поворачиваться вокруг валика, но может перемещаться вдоль его оси. При приближении втулки *5* к червячному колесу *3* зубья втулки входят в зацепление с внутренними зубьями прикреплённого к червячному колесу венца, исключая таким образом проворачивание червячного колеса относительно втулки

и тем самым относительно валика. При отодвигании от червячного колеса зубья втулки выходят из зацепления с зубьями червячного колеса, и последнее освобождается. Необходимое продольное перемещение втулки *5* обеспечивается валиком *6*, имеющим на конце эксцентричный палец *7*, заходящий в паз втулки. На выходящем из коробки механизма конце валика *6* закреплена рукоятка, позволяющая поворачивать его в соответствующее положение. Оба положения валика, соответствующие ручной наводке прожектора от штурвала *9* или от мотора *1*, фиксируются пружинкой, входящей при этих положениях в лыску на валике *6*.

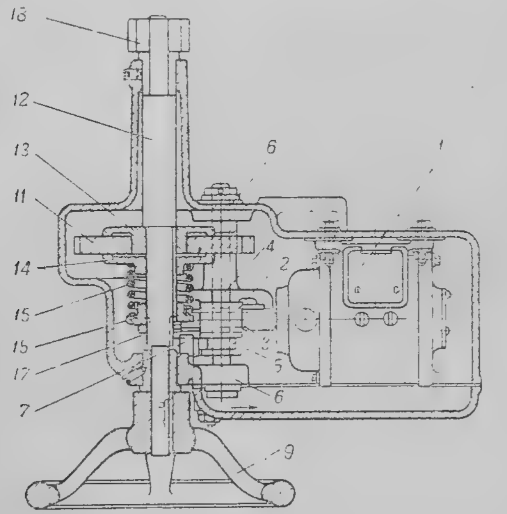


Рис. 88. Механизм вертикального вращения прожектора:

1—электромотор; *2*—одноходовой червяк; *3*—червячное колесо; *4*—валик; *5*—втулка; *6*—валик; *7*—эксцентрик с пальцем; *9*—штурвал ручной наводки; *11*—шестерня; *12*—ведущий валик; *13*—диск; *14*—второй диск фрикционного сцепления; *15*—пружина; *16*—втулка; *17*—гайка регулирования фрикциона; *18*—ведущая шестерня

На валике *4*, кроме перечисленных деталей, закреплена цилиндрическая шестерня, входящая в зацепление с шестернёй *11*, которая в свою очередь фрикционно связана с валиком *12*.

Фрикционное соединение устроено так. Шестерня *11* насажена на втулку с диском *13*, сидящую на шпонке на валике *12*. Эта втулка упирается в заплечико на валике *12*. С другой стороны к зубчатому колесу прижат второй диск *14*, также насаженный на шпонку на валике *12*. Диск *14* прижимается к зубчатому колесу (шестерне) *11* пружиной *15*, второй конец которой упирается в заплечико втулки *16*, также насаженной на шпонку на валике *12*. Натяжение пружины *15* может быть изменено вращением гайки *17*, навернутой на конец валика, имеющий нарезку. Для того чтобы после регулировки натяжения пружины *15* гайка *17* не могла переместиться, она закрепляется стопорным винтом. Оба конца валика *12* выходят из коробки механизма. На одном конце закреплено цилиндрическое зубчатое колесо, входящее в зацепление с зубчатым сектором, чем обеспечивается передача вращения от мотора к кожуху прожектора. На другом конце на шпонке закреплён штурвал *9*, служащий для вращения кожуха от руки. Ручное вращение возможно только при разъединении червяч-

ного колеса *3* с втулкой *5*, так как применённая в механизме передача является самотормозящей.

Все валики механизма изготовлены из стали и вращаются в дюралюминовых втулках, закреплённых в корпусе коробки механизма, отлитой из силумина. Передаточное число всего механизма при работе от мотора 1 : 600, при работе вручную 1 : 20.

Кинематическая схема механизма дана на рис. 89.

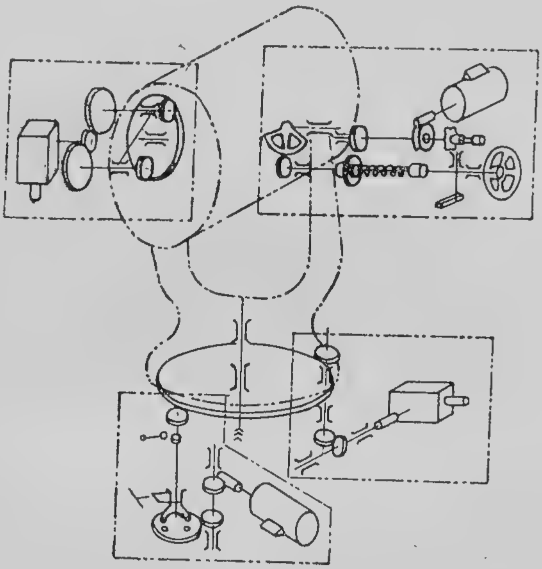


Рис. 89. Кинематическая схема приводных механизмов прожектора типа МПЭ-Э9,0-2 обр. 1938 г.

У 90-*см* прожектора „Галилео" вместо зубчатого сектора на левой цапфе установлено зубчатое цилиндрическое колесо большого диаметра. Это колесо, а вместе с ним и кожух прожектора приводятся во вращение от штурвала или от электродвигателя. Привод от штурвала осуществляется при вращении короткого валика *1* (рис. 90), на противоположном конце которого сидит ведущая малая цилиндрическая зубчатка *2*, сцеплённая с ведомым колесом *3*. При вращении валика *1* вместе с ним вращаются коническая зубчатка *4* и вал *5* с двумя коническими шестернями. Горизонтальный вал *6* также получает вращение, но далее оно не передаётся, ввиду того что проворачиваются диски фрикционного сцепления *7*. Движение от электродвигателя передаётся на вал *6* от вертикального вала *8* после того, как муфта переключения *9* сдвинута в крайнее правое положение и произошло соединение внутреннего вала *6* с наружным валом, на котором сидит зубчатка *10*.

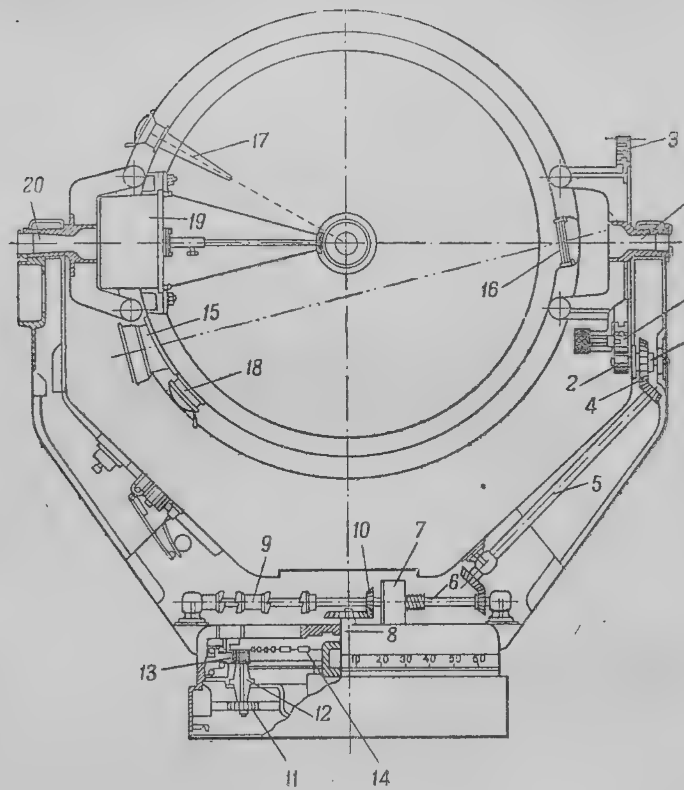


Рис. 90. Общий вид 90-*см* корабельного прожектора „Галилео":

1—короткий валик вертикального вращения; *2*—ведущая цилиндрическая зубчатка; *3*—ведомое зубчатое колесо; *4*—коническая зубчатка; *5*—наклонный вал; *6* - горизонтальный вал; *7*—диск фрикционного сцепления; *8*—вертикальный ведущий вал; *9*—муфта переключения; *10* – зубчатка; *11* – червячная пара; *12* вертикальный валик горизонтального вращения; *13* – цилиндрическая шестерня; *14* – шестерня; *15*—коробка термоконтакта; *16* - зеркало термоконтакта; *17*—проекционное приспособление; *18*—смотровое окно; *19*—коробка автомата лампы; *20*—полые цапфы кожуха

Механизм горизонтальной наводки. Стойки — кривые брусья лиры, поддерживающие кожух прожектора, — опираются на верхний подвижной диск поворотного стола. Поворотный стол позволяет изменять положение оптической оси в горизонтальной плоскости. Основные его детали: верхний подвижной диск; опорные подшипники для соединения верхнего диска с нижней неподвижной частью поворотного стола; ось горизонтального вращения прожектора; скользящие контакты для подвода тока к электромеханизмам, расположенным на верхних подвижных элементах прожектора, и механизм горизонтального вращения прожектора.

Конструкция поворотных столов у дуговых прожекторов малых и средних диаметров (45—60 *см*) много проще, они имеют меньше деталей и значительно меньший вес, чем поворотные столы корабельных прожекторов диаметром 90—150 *см*. Так, например, у 45-*см* прожекторов, показанных на рис. 76—77, поворотные столы имеют весьма простое устройство.

У прожектора МПЭ-Э6,0-2 (рис. 91) лира опирается центральной втулкой на штырь трубчатого сечения, который имеет в верхней части шпонку. Внутри штыря проходят проводники, присоединённые к кольцам, вращающимся вместе с штырем и лирой. На наружной поверхности тумбы-основания прожектора расположены: лимб горизонтального вращения *3*, надетый на проточку тумбы непосредственно над верхней центральной втулкой лиры, лимб может быть повёрнут относительно тумбы в любое положение и закреплён стопорным винтом с накатной головкой; рукоятка *4* для переключения горизонтального вращения с ручного на моторное; рукоятка *5* управления рубильником главной цепи прожектора, находящаяся на съёмной крышке тумбы.

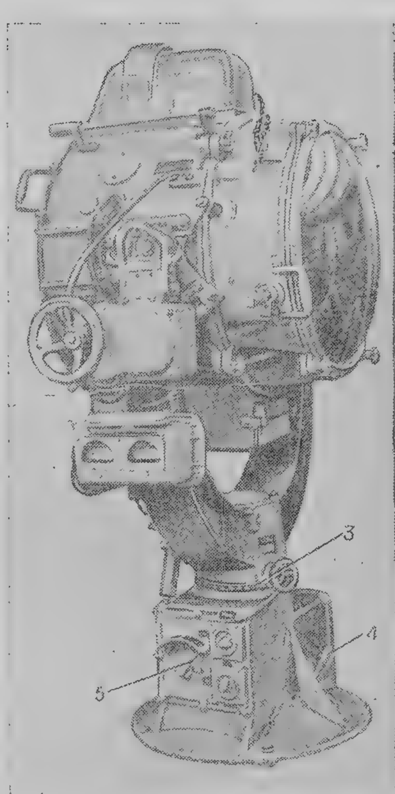


Рис. 91. Общий вид 60-*см* прожектора типа МПЭ-Э6,0-2:

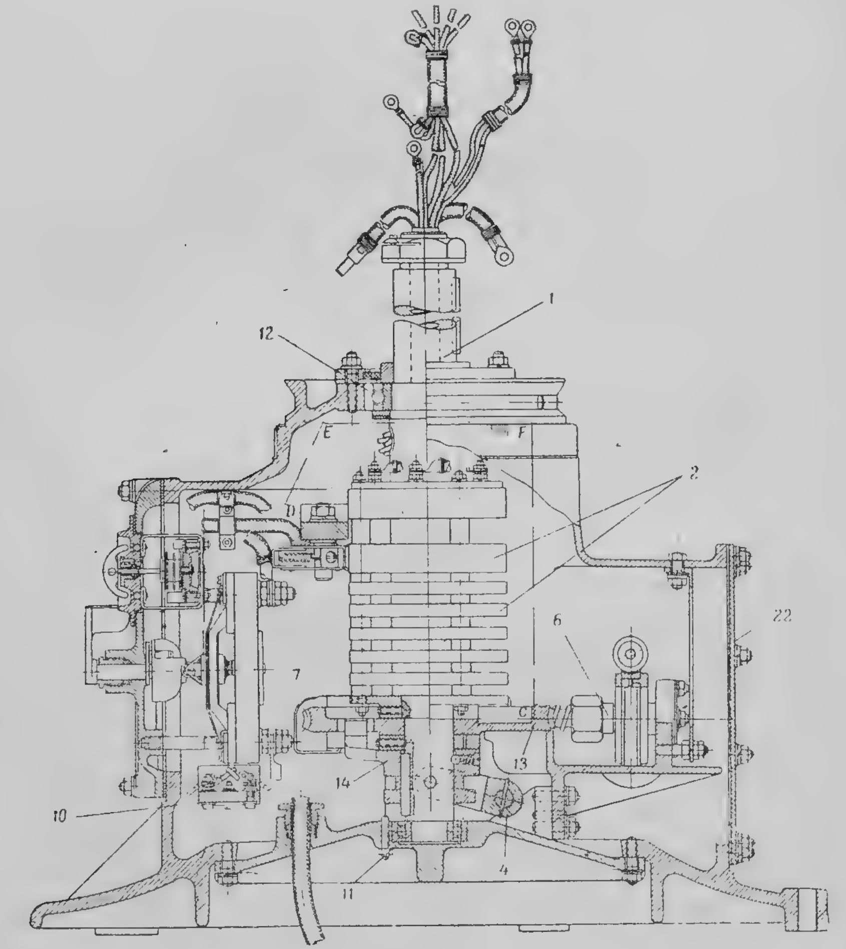
3—лимб горизонтального вращения; *4*—рукоятка для переключения горизонтального вращения с ручного на моторное и обратно; *5*—рукоятка рубильника главной цепи прожектора

В прожекторах, выпускаемых с электроуправлением типа ППРМП, помимо перечисленного, на той же крышке расположены два выключателя. Один служит для выключения дуги при помощи имеющегося в комплекте ППРМП контактора, а второй — для переключения электромагнита жалюзи с автоматической связи с дугой на ручное управление с прожектора или электрическое с постов типа ППРМП.

Внутреннее устройство тумбы и поворотного стола показано на рис. 92.

Внутри тумбы расположены штырь *1* с контактными кольцами *2*, механизм горизонтального вращения *6* с переключением с моторного вращения на ручное, рубильник главного тока *7*, панель с контактными щётками главного тока *8*, колодка *9*

с контактными щётками электроуправления, соединительная панель *10* для присоединения прожектора к внешней цепи. Штырь закреплён в тумбе на двух радиальных шарикоподшипниках, из которых нижний *11* помещён в гнезде привёртываемого на шпильках к тумбе подпятника, служащего одновременно дном тумбы. Основную осевую нагрузку от веса прожектора несёт на себе нижний подшипник. Верхний подшипник *12* воспринимает лишь радиальную нагрузку, возникающую при качке судна.



Блок контактных колец, укреплённый на штыре, представляет собой семь бронзовых точёных колец, из которых два широких для главного тока дуги и пять узких для питания элементов системы дистанционного управления. Кольца, собранные на изоляционных втулках и стянутые навёрнутыми на шпильки гайками, соединяют нижний металлический диск, от которого нижнее кольцо изолировано втулками, и верхний текстолитовый диск. Для предотвращения проворачивания контактных колец

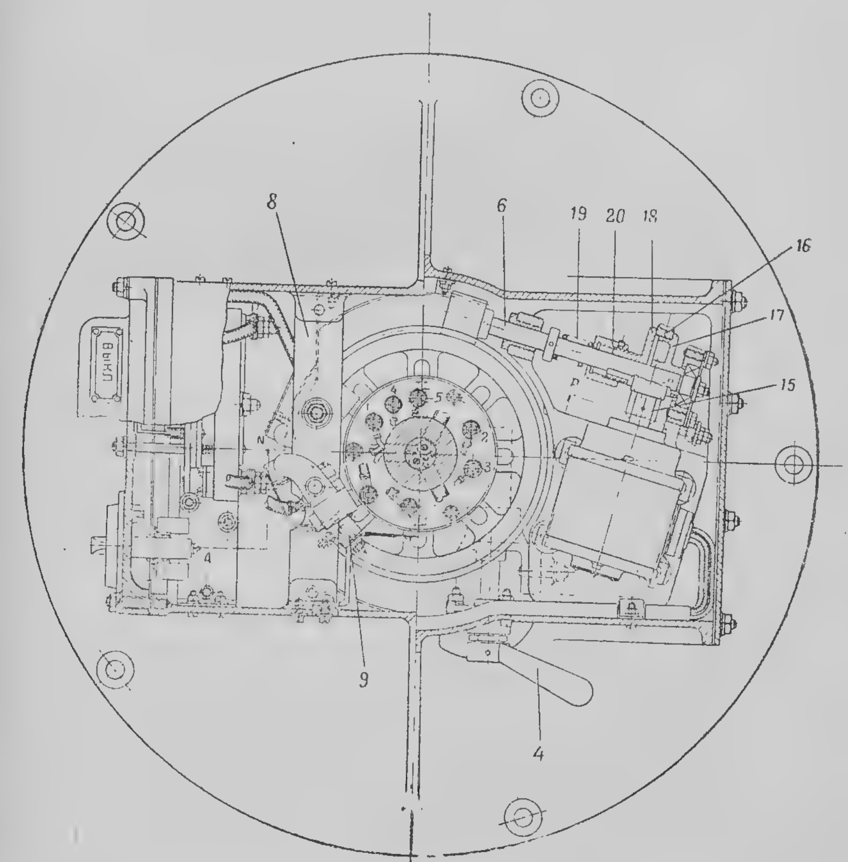


Рис. 92. Тумба-основание 60-*см* прожектора типа МПЭ-Э6,0-2:

Разрез: *1* — центральный штырь прожектора; *2* — контактные кольца; *4* — вилка механизма переключения; *6* — ведущий валик горизонтального вращения; *7* — рубильник главного тока; *10* — соединительная панель; *11* — нижний шарикоподшипник штыря; *12* — верхний шарикоподшипник штыря; *13* — червячное колесо; *14* — втулка включения механизма горизонтального вращения на моторный привод; *22* — крышка тумбы

Вид сверху: *4* — рукоятка для переключения механизма горизонтального вращения; *6* — ведущий валик механизма горизонтального вращения; *8* — панель с контактными щётками; *9* — колодка контактных щёток; *15* — валик мотора; *16* — червячное колесо; *17* и *18* — диски фрикциона; *19* — пружина; *20* — гайка регулирования фрикциона

относительно штыря нижний диск закреплён на нём стопорным винтом.

Верхний текстолитовый диск служит одновременно панелью, каждая клемма которой электрически связана с соответствующим контактным кольцом. Присоединённые к этим клеммам провода пропущены сквозь отверстие штыря и идут к центральной втулке лиры. Под контактными кольцами на штырь надето червячное колесо *13*, приводимое во вращение механизмом горизонтального вращения. Червячное колесо не закреплено относительно штыря и может свободно поворачиваться. Для соединения червячного колеса со штырём служит находящаяся над ним втулка *14*, надетая на штырь на шпонке так, что может перемещаться в осевом направлении, но не может поворачиваться относительно штыря. Выступы втулки могут входить в соответствующие пазы червячного колеса, связывая его вращение с вращением штыря.

Необходимое для включения или выключения втулки осевое перемещение осуществляется вилкой *4*, пальцы которой входят в кольцевой паз втулки *14*. Вилка *4* закреплена на валике, выходящем из тумбы, на конце которого прикреплена рукоятка. Включённое и выключенное положения втулки *14* фиксируются шариком, находящимся в отверстии втулки и входящим в соответствующие пазы штыря под давлением пружины. Для более надёжного ограничения хода втулки вниз в подшипник (дно тумбы) ввёрнута шпилька, длина которой отрегулирована так, что как только при движении втулки вниз шарик перейдёт через лунку, фиксирующую положение „Выключено" (ручное), нижний торец втулки упирается в шпильку.

Механизм горизонтального вращения смонтирован на литой из алюминиевого антикоррозийного сплава плите, крепящейся внутри тумбы на четырёх шпильках к приливам подпятника (дно тумбы). На валике мотора типа МП-78/35 закреплён червяк, вращающий червячное колесо *16*, фрикционно закреплённое на валике *6*. Фрикционное сцепление осуществляется так: диск закреплён на валике *6*, на кольцо этого диска надет венец с червячным зубом. Этот венец прижимается к торцу диска *17* вторым диском *18*, сидящим на валу *6* на шпонке. Диск прижимается пружиной *19*, упирающейся в заштифтованное на валике *6* кольцо. Сила натяжения пружины регулируется гайкой *20*, навёрнутой на нарезьбованную втулку диска *18*. После отрегулирования натяжения пружины гайка закрепляется стопорным винтом. На конце валика *6* закреплён червяк, приводящий во вращение червячное колесо, сидящее на штыре. Один конец валика *6* посажен в выступ плиты механизма на шарикоподшипнике. Второй конец валика вращается в дюралюминиевой втулке. Для устранения вибраций механизма, возникающих при его работе и создающих шум, начиная с 1938 г. плита механизма дополнительно подвешивается к трубе тумбы. Правая крышка тумбы даёт доступ к механизму горизонтального вращения.

У прожекторов типа МПЭ-Э9,0-2 различных выпусков механизмы горизонтального вращения выполнены различно. У прожекторов МПЭ-Э9,0-2 обр. 1938 г. механизм горизонтального вращения смонтирован на бронзовой отливке так, что сборка и регулировка его могут быть произведены вне тумбы-основания, после чего он устанавливается внутри тумбы на специальных приливах крестовины. На верхнем подвижном диске поворотного стола установлено снизу зубчатое кольцо, а диск центральной втулкой опирается через три шариковых подшипника на центральный штырь, запрессованный в крестовину основания. Кинематическая схема этого механизма горизонтального вращения представлена на рис. 89. Устройство механизма следующее. С коронным зубчатым колесом (слева внизу) сцеплена цилиндрическая шестерня, на валике которой свободно сидит вторая шестерня. На том же валике, на скользящей шпонке, расположена втулка, имеющая два зуба, могущие входить в соответствующие пазы нижней шестерни. Продольное перемещение втулки обусловливается вилкой. Опуская или подымая вилку, связывают или разъединяют нижнюю шестерню с валиком, т. е. переключают с ручного на моторное управление горизонтальным вращением. На этом же валике заштифтована втулка, к которой винтом может быть прижата колодка, что даёт возможность затормозить поворотный стол в любом положении. Для вращения винта имеется рукоятка, расположенная вне кожуха тумбы. В нижней шестерне, кроме того, вмонтировано фрикционное устройство, позволяющее шестерне даже при включённой втулке пробуксовывать в случае, если сопротивление вращению превышает заданный предел. Эта шестерня сцепляется с шестернёй, сидящей на параллельном валу. На этом же валике расположено червячное колесо, приводимое во вращение червяком, насаженным на валике мотора. Передаточное число всего механизма 1 800.

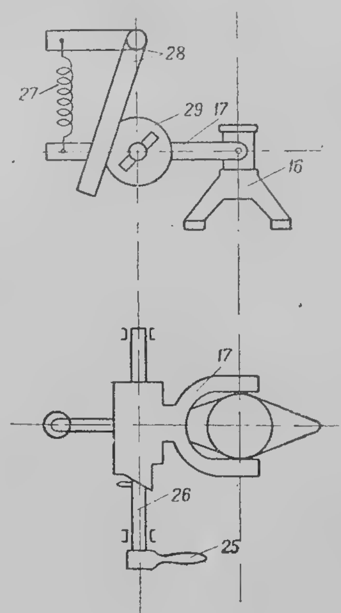


Рис. 93. Схема приспособления для переключения механизма горизонтального вращения прожектора МПЭ-Э9,0-2 обр. 1938 г.:

16 — втулка; *17* — вилка; *25* — рукоятка; *26* — валик; *27* — пружина; *28* — рычаги; *29* — штифт

Механизм переключения с ручного вращения на моторное устроен так, что нет необходимости попадания зубьев втулки в пазы шестерни. Устройство этого механизма поясняется на рис. 93. Рукоятка переключения *25* вращает валик *26*, на котором свободно вращается вилка *17*. К приливу вилки *17*

зацеплена пружина *27*, другим концом прикреплённая к фасонному рычагу *28*. В валик *26* вставлен штифт *29* так, что при поворачивании рукоятки *25* он отводит плечо рычага *28*, натягивая пружину *27*, которая стремится опустить вилку *17*, и при первом совмещении зубьев втулки *16* с пазами шестерни они придут в зацепление. При поворачивании рукоятки *25* в обратную сторону штифт *29*, упираясь в выступ на торце втулки вилки, поднимает её, выводя из зацепления втулку *16* и шестерню.

У прожектора МПЭ-Э9,0-2 обр. 1932 г. отдельные элементы механизма горизонтального вращения самостоятельно крепятся ко дну тумбы прожектора, и поэтому механизм в целом не может быть вынут и проверен. Кроме того, механизм обр. 1932 г. не имеет фрикциона, и моторный привод включается от руки, что несколько затрудняет эту операцию.

Кинематическая схема механизмов этого прожектора приведена на рис. 94. Здесь с шестернёй *1*, укреплённой на верхнем диске поворотного стола, сцеплена цилиндрическая шестерня *2*, заштифтованная на валике *3*. На этом же валике установлено червячное колесо *5*, могущее свободно вращаться относительно

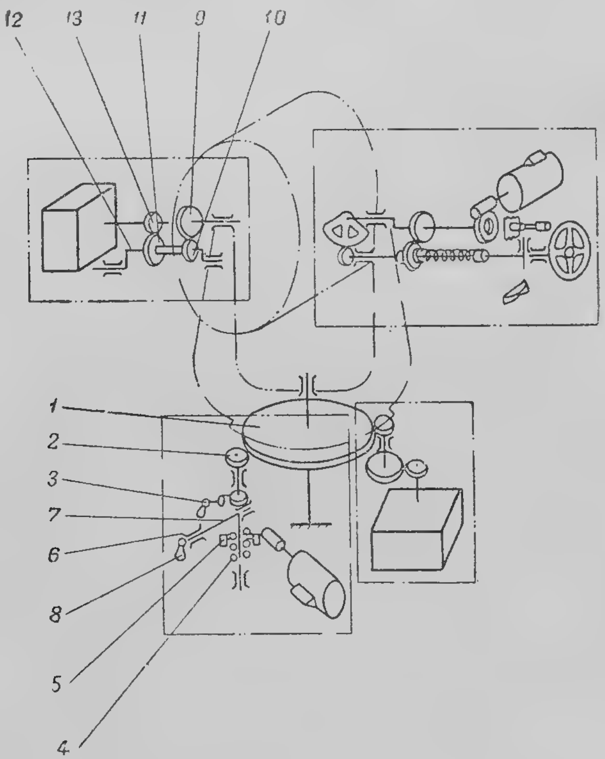


Рис. 94. Кинематическая схема приводных механизмов прожектора МПЭ-Э9,0-2 обр. 1932 г.

валика. Для соединения червячного колеса с валиком служит втулка *4*, закреплённая на валике на скользящей шпонке. Два зуба этой втулки могут входить в соответствующие пазы червячного колеса, связывая его с валиком. Перемещение втулки осуществляется вилкой *6*, укреплённой на валике *7*, на выходящем из тумбы конце которого установлена ручка *8*. На том же валике, кроме вилки, укреплён рычаг, предназначенный для закрывания прорези при включённой втулке. Эта прорезь служит для запирания поворотного стола в походном положении. Наличие рычага, закрывающего прорезь, предотвращает включение моторного привода поворотного стола при закреплённом по-походному поворотном столе и тем самым предохраняет мотор от порчи. Червячная шестерня *5* приводится во вращение червяком, закреплённым на валу мотора. На валике *3* предусмотрено точно такое же тормозное устройство, как и на механизмах обр. 1938 г. Передаточное число механизма 1 600.

90-*см* корабельный прожектор „Галилео“ (см. рис. 90) имеет механизм горизонтального вращения, состоящий из червячной пары *11*, вертикального валика *12*, на котором жёстко сидит цилиндрическая шестерня *13*, сцеплённая с шестернёй *14*, укреплённой на верхнем подвижном диске поворотного стола. Механизм переключения с ручного привода на моторное на рис. 90 не виден. Зато здесь видны детали механизма, компенсирующего возможный сдвиг кожуха в вертикальной плоскости при вращении поворотного стола. При вращении верхнего диска шестерня *10* будет стремиться обкатываться по шестерне, сидящей на валике *8*, и это может вызвать самопроизвольное поворачивание вала *6* и кожуха прожектора в вертикальной плоскости. Чтобы этого не произошло, необходимо компенсировать движение шестерни *10* противоположным вращением шестерни, сидящей на валике *8*, для чего и служит весь нижний механизм.

31. Основания корабельных дуговых прожекторов

Дуговые прожекторы на кораблях устанавливаются стационарно, причём для их установки избирают такие места, чтобы оптическая ось луча имела определённое возвышение над ватерлинией; иногда для этого строят специальные площадки, мостики и т. п. независимо от устройства прожектора.

Все дуговые корабельные прожекторы имеют в качестве основания низкую, закрытую со всех сторон тумбу. Такая конструкция основания обеспечивает надёжное крепление прожектора на месте его установки и даёт возможность применять амортизаторы как для самого прожектора, так и для механизмов его крепления. Внутри тумбы размещаются все детали механизмов наводки прожектора, детали электромонтажа прожектора и некоторые приспособления, необходимые для управления прожектором и для его обслуживания.

Дуговые 45-*см* прожекторы имеют основания в виде тумб, более высоких, но более лёгких, чем у прожекторов больших диаметров. Такие тумбы показаны на рис. 76 и 77.

На рис. 95 представлен 45-*см* дуговой прожектор „Сперри" с дистанционным электрическим управлением. Основание прожектора также имеет вид тумбы. Внутри тумбы расположены оба электродвигателя для наводки прожектора, потенциометр и клеммная доска для присоединения этих электромеханизмов. Интересно простое устройство механизма вертикальной наводки прожектора.

Тумба корабельного прожектора МПЭ-Э6,0-2 была описана

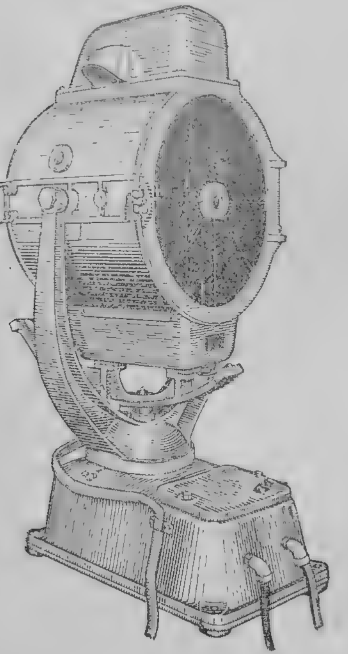


Рис. 95. 45-*см* дуговой корабельный прожектор „Сперри" с дистанционным электрическим управлением

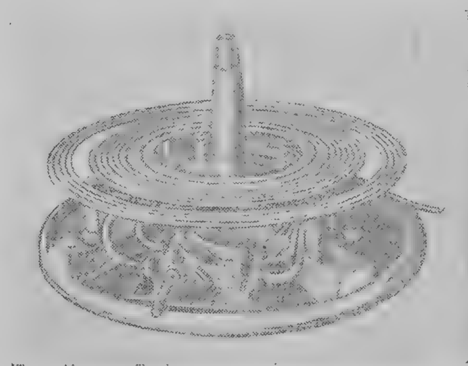


Рис. 96. Нижняя часть тумбы прожектора МПЭ-Э9,0-2 обр. 1932 г.

в предыдущем параграфе и её устройство пояснялось рис. 92. Детали электрического монтажа тумбы, так же как и вся электрическая схема прожектора, будут описаны ниже (см. стр. 259).

Тумба прожектора МПЭ-Э9,0-2 обр. 1932 г. (без боковых стенок) показана на рис. 96. На рис. 80 был показан прожектор этого типа обр. 1938 г. Хотя по внешнему виду тумбы 90-*см* прожекторов МПЭ-Э9,0-2 выпуска 1932—1938 гг. почти одинаковы, их внутренние устройства различны.

Для управления механизмом тумбы наружу выведен ряд рукояток: рукоятка для включения и выключения помещённого внутри тумбы рубильника, рукоятка для переключения механизма горизонтального вращения с ручного на моторное, рукоятка управления тормозом горизонтального вращения, рукоятка для закрепления поворотного стола по-походному и штепсельная розетка для подключения переносной лампы.

Кроме того, на тумбе прожекторов обр. 1938 г. установлены два выключателя, из которых один служит для включения дуги при помощи контактора, а другой для переключения электромагнита жалюзи с автоматического на ручное управление.

Внутри тумбы, на дне её, прикреплённом к трёхлапчатой крестовине, являющейся основанием прожектора, установлены: рубильник, механизм горизонтального вращения с мотором, сальники для ввода проводов, распределительные панели и некоторые панели системы дистанционного управления. Крестовина представляет собой отливку из высококачественной стали с тремя лапами, расположенными под углом в 120° и связанными кольцевым ободом, к которому крепятся цилиндрические боковые стенки тумбы из листового дюралюминия. В центре крестовины запрессован центральный штырь, являющийся осью горизонтального вращения прожектора; на нём устанавливаются шарикоподшипники поворотного стола. На специальных стойках установлены контактные кольца, посредством которых происходит питание дуги, а также мотора механизма вертикального вращения. Внутри тумбы устанавливается механизм обратного контроля горизонтального вращения, устройство которого будет описано ниже (см. стр. 224).

Конструкция основания прожектора с центральным штырем не может считаться самой совершенной, хотя бы по тем соображениям, что штырь несёт весьма большие продольную и боковую нагрузки от вращающихся частей прожектора и иногда выходит из строя. Существует другой тип конструкции поворотных столов, который принят большинством иностранных фирм. Основная особенность его состоит в том, что вес всех вращающихся частей прожектора передаётся основанию не через ось горизонтального вращения, а через диск или кольцо большого диаметра, через шарики или ролики, расположенные в желобке, имеющемся на этом кольце или диске.

На рис. 97 показана тумба чехословацкого прожектора. Ось горизонтального вращения, расположенная в центре, в этом случае не воспринимает вес вращающихся частей, а служит только препятствием против их бокового смещения, при-

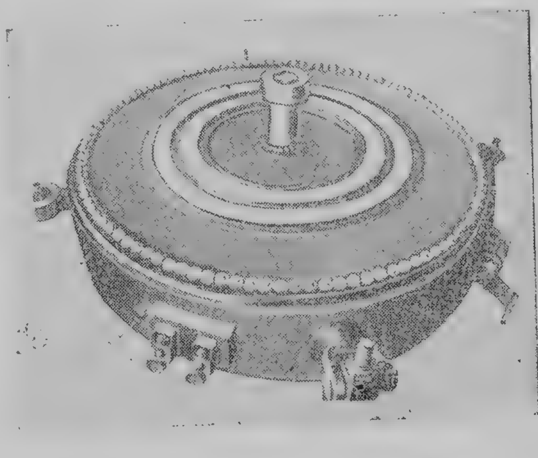


Рис. 97. Нижняя часть тумбы чехословацкого прожектора

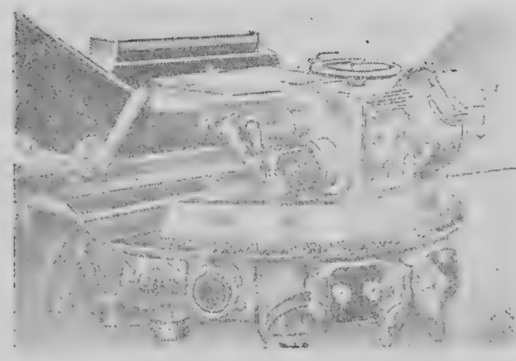


Рис. 98. Поворотный стол корабельного прожектора „Лоннекер"

чём этому же препятствует закраина на кромке верхнего подвижного диска поворотного стола. Вес прожектора передаётся тумбе через группу шариков, расположенных в жолобе на неподвижном диске тумбы.

При пригонке набора шариков или роликов по месту один из них берётся не стальной, а латунный и меньшего диаметра. На рис. 98 показан внешний вид поворотного стола и тумбы прожектора „Лоннекер" без центрального штыря. Корабельный прожектор „Галилео" (см. рис. 90) также имеет поворотный стол, изготовленный по этому способу. Характерно, что тумба прожектора в этом случае может быть более низкой, чем снижается центр тяжести всей прожекторной установки, и она оказывается более прочной и устойчивой. Но вместе с тем нельзя признать совершенной такую конструкцию оснований корабельных прожекторов, когда некоторые механизмы, в частности, электродвигатели, механизмы переключения с моторного привода на ручной и др., устанавливаются наверху тумбы. Такое размещение способствует задержке влаги на этих приборах, может вызвать помехи при работе обслуживающего персонала во время качки и вообще не способствует повышению живучести этих механизмов и приборов. Следует стремиться к тому, чтобы всё оборудование было скрыто внутри тумбы, за исключением рукояток, необходимых для управления приборами и муф-

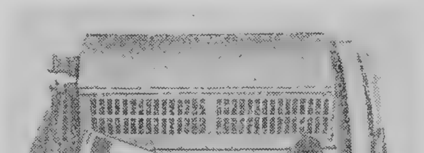


Рис. 99. 90-*см* немецкий корабельный прожектор

той для подключения питающих проводов. Тумбу и верхний диск поворотного стола иногда умышленно изготовляют с такими наклонными гранями, которые не позволяют влаге задерживаться на её деталях, например немецкий 90-*см* прожектор (рис. 99) и прожекторы на рис. 87 и 95. Тумбы корабельных прожекторов снабжаются необходимым количеством прочных приливов или кронштейнов с отверстиями для болтов, крепящих прожектор на месте установки, и с деталями, необходимыми для установки амортизирующих устройств.

Глава VIII

ДУГОВЫЕ ЛАМПЫ КОРАБЕЛЬНЫХ ПРОЖЕКТОРОВ

32. Общие принципы устройства дуговых ламп

Дуговая лампа представляет собой устройство, позволяющее использовать электрическую дугу между угольными электродами в качестве источника света. Современные дуговые лампы состоят в основном из следующих механизмов и приспособлений:

1) устройство для удержания электродов в определённом положении;

2) приспособление для образования дуги;

3) механизм, обеспечивающий подачу электродов по мере сгорания к фокальной области отражателя;

4) механизм, поддерживающий постоянство электрического режима горения дуги.

Дуговые лампы, применяемые в современных прожекторах, чрезвычайно разнообразны по конструкции, так как имеется множество вариантов механизмов, регулирующих горение дуги. Но так как эти механизмы во всех случаях должны выполнять одни и те же главнейшие операции, то можно для изучения выделить основные элементы дуговых ламп.

Основными частями современных дуговых ламп являются:

1) головка дуговой лампы, состоящая из положительного и отрицательного угледержателей с механизмами, сообщающими электродам необходимое движение при горении дуги;

2) механизм, позволяющий зажигать и гасить дугу;

3) механизм или приспособление, удерживающее кратер анода во время горения в фокальной области отражателя;

4) механизм или электромеханизм, поддерживающий горение дуги при определённом электрическом режиме.

Особенностью современных дуговых прожекторных ламп является то, что они в большинстве случаев строятся для дуги повышенной яркости. Прежние дуговые лампы были значительно проще, так как они строились с расчётом на меньшую плотность тока на электродах. Сложность устройства современных дуговых ламп объясняется в основном следующими обстоятельствами.

Во-первых, вследствие значительной плотности тока на электродах питание приходится подводить возможно ближе к горя-

шему концу для уменьшения токоведущей части электрода, которая в данном случае подвергается сильному нагреванию и преждевременно разрушается. Кроме того, даже короткий конец токоведущей части анода заключают в кварцевую или бронзовую втулку, чтобы ограничить доступ кислорода к нему и уменьшить его обсос. Вследствие этого подача электродов по мере сгорания не может быть связана с перемещением угледержателей; последние должны быть неподвижны. Электроды должны подаваться механизмами головки лампы. При нормальных условиях горения анод подаётся всегда с одинаковой скоростью, катод же находится под непосредственным воздействием механизма, поддерживающего постоянство режима горения, и меняет своё положение при каждом его срабатывании.

Во-вторых, дуга повышенной яркости развивает более высокую температуру, и поэтому механизмы головки должны быть защищены от чрезмерного нагревания ребристыми металлическими дисками, радиаторами с большими поверхностями охлаждения, бронзовыми чехлами, шамотовыми экранами, или дуга должна быть помещена в камеру горения с каминной вытяжкой. В большинстве случаев эта механическая защита ещё дополняется специальной вентиляцией, которая устраивается иногда так, что через головку лампы прогоняется некоторое количество охлаждающего воздуха. Вместе с тем, высокие температуры (нагрев до 500° С) потребовали применения для дуговых ламп тугоплавких материалов, теплостойкой изоляции и вызвали общее усложнение конструкции.

В-третьих, во время горения дуги повышенной яркости в кратере анода образуется клубок паров, который является первопричиной увеличения яркости этой дуги по сравнению с яркостью дуги между чистыми угольными электродами. Оказывается далеко не безразличным, как будет ориентировано катодное пламя по отношению к этому клубку.

Кроме того, тонкая стенка кратера анода, если он остаётся неподвижным, быстро прогорает в верхней части, паровой клубок стремится подняться вверх и не удерживается стационарно внутри кратера. Отсюда возникает необходимость установки катода дуговой лампы под некоторым углом к аноду или смещение их осей в одной плоскости. Кроме того, чтобы избежать прогорания стенок кратера, приходится вращать анод во время горения вокруг своей оси.

Регулятор дуговой лампы является более сложным механизмом. Он изготовляется чаще всего так, что отзывается на колебания электрического режима на дуге и, срабатывая, воздействует на механизмы головки, сообщая движение электродам. Основной задачей регулятора является подача электродов по мере сгорания так, чтобы конец положительного электрода стабильно находился в фокальной области отражателя, а отрицательный изменял своё удаление от положительного в зависимости от изменения электрического режима.

Постоянство электрического режима необходимо для спокойного горения дуги и для получения наибольшего светового эффекта при оптимальных условиях для данных электродов.

Характерной особенностью дуговых ламп корабельных прожекторов является то, что эти лампы полностью автоматические, иногда даже без приспособлений для регулирования дуги от руки.

Эти дуговые лампы должны надёжно работать в условиях качки и вибраций, поэтому при проектировании следует особенно внимательно относиться к люфтам в механизмах и к зазорам между движущимися деталями.

33. Головки дуговых ламп

Головкой дуговой лампы принято называть совокупность угледержателей: с механизмами, придающими соответствующие движения электродам, с контактными устройствами для подвода тока к электродам и с приспособлениями, позволяющими быстро и удобно сменять электроды, когда это требуется.

Механизмы, приводящие в движение электроды в автоматических дуговых лампах, получают движение от регулятора, воздействующего на них так, как этого требует изменение электрического режима горения дуги. В большинстве современных дуговых ламп регулирование режима горения достигается перемещением катода. В дуговых лампах корабельных прожекторов это достигается путём поступательного перемещения катода к аноду и от него; качающиеся держатели катода здесь неприемлемы. Регулирование перемещением катода надёжно сохраняет кратер анода в фокальной области отражателя, позволяет сразу образовать дугу так, что анод не будет смещён из фокуса, и ускоряет процесс дугообразования в силу большей подвижности катода.

Анод современных дуговых ламп во время работы медленно подаётся к дуге по мере сгорания, причём подача производится чаще всего при помощи электродвигателя, который начинает работать сразу же по включении лампы под напряжение. Кроме поступательного движения, анод вращается вокруг своей оси под воздействием того же механизма головки дуговой лампы. Скорость подачи анода подбирается чаще всего так, что она меньше скорости его сгорания (а иногда и больше), и запаздывание (опережение) затем исправляется при помощи дополнительного реле (или другого механизма), который срабатывает тогда, когда дальнейшее запаздывание (опережение) недопустимо, и увеличивает (замедляет) скорость подачи анода.

Рассмотрим устройство головок некоторых дуговых ламп корабельных прожекторов. Головка автоматической дуговой лампы корабельного 90-*см* прожектора типа МПЭ-Э9,0-2 имеет следующее устройство. Держатель катода состоит из литого бронзового кронштейна *1* (рис. 100), в левой части которого

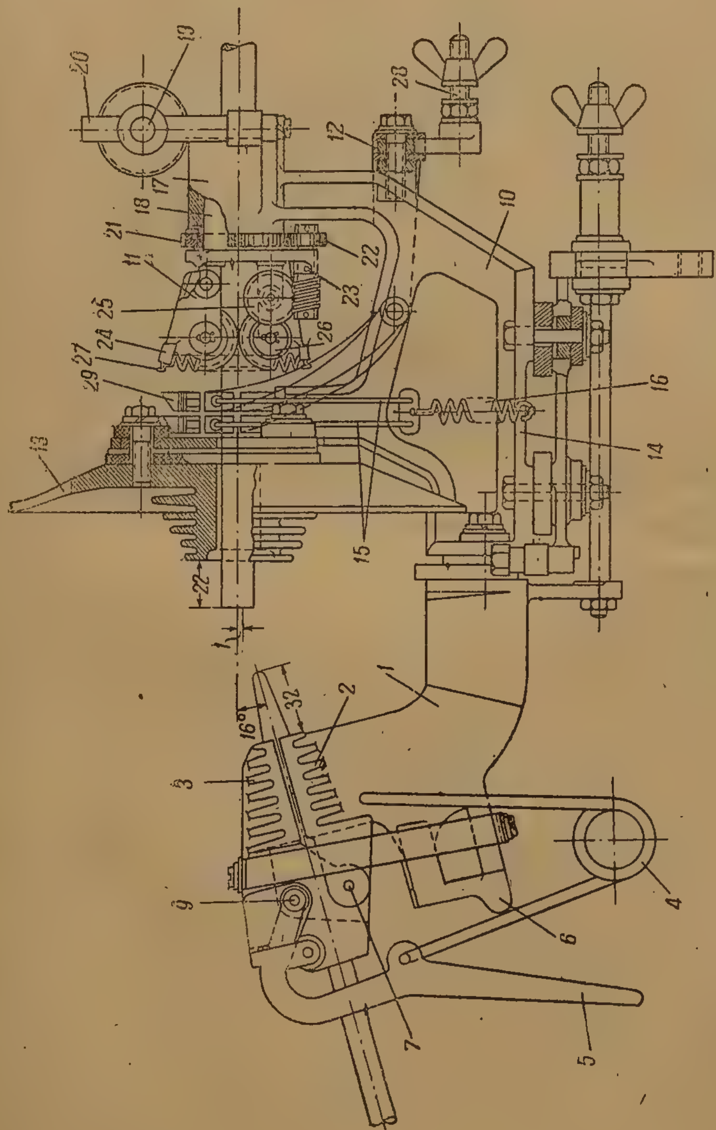


Рис. 100. Головка автоматической дуговой лампы 90-*см* корабельного прожектора типа МПЭ-Э9,0-2

имеется прилив 2 с рёбрами, образующий нижнюю половину контактного зажима катода. Верхняя половина зажима выполнена в виде отдельной отливки, имеющей рёбра для лучшей теплоотдачи и соединённой рычажно с кронштейном так, что может подниматься и становиться в наклонное положение, освобождая катод. Для этого необходимо, пересилив пружину 4, приблизить конец рычага 5 к нижней части кронштейна.

Подача катода осуществляется следующим образом.

Штанга, идущая от регулятора лампы, вращает через шарнир Гука валик 7, вставленный в отверстие кронштейна. На этом валике подвижно посажена верхняя половина зажима и в имеющейся у неё плоскости — нижний зубчатый ролик подачи катода. На противоположном конце валика 7 сидит зубчатка, находящаяся в сцеплении с другой такой же зубчаткой, сидящей на валике 9. Валик 9 установлен на рычажной рукоятке 5, вращающейся с той же скоростью, что и нижний ролик, только в противоположном направлении. При нажатии на рукоятку 5 верхний ролик поднимается над катодом, зубчатки расцепляются, верхняя половина контактного зажима поднимается, и катод свободно может быть вынут или через отверстие рычажной рукоятки, или в сторону держателя анода.

Ток к катоду подводится медной шиной, идущей под держателем анода к кронштейну и, следовательно, к контактным зажимам 2 и 3.

Для обеспечения надлежащего контакта верхней части зажима и для предохранения токоведущих частей угледержателя от нагревания верхний зажим соединён с нижней частью кронштейна пластинчатыми гибкими медными шинами. Прилив кронштейна в дуговых лампах 90-*см* корабельных прожекторов „Сперри“, у которых автомат лампы размещён внизу, используется для установки валика и конической шестерни, передающих движение роликам от автомата. Держатель анода этой лампы имеет следующие главные части: кронштейн 10, каретку 11, щётки, скобу с зажимом для подвода тока к щёткам и радиатор 13. Кронштейн отлит из бронзы и имеет в своей нижней части прочную прямоугольную пластину 14. В передней его части имеется треугольный фланец, к которому изолированно прикреплён радиатор. Последний отлит из тугоплавкой не окисляющейся при нагреве бронзы и имеет форму диска, в центральной части которого расположена втулка с рёбрами. Радиатор защищает токоведущую часть анода от обгоса и предохраняет механизм подачи и вращения анода от сильного нагревания. Основной недостаток бронзового радиатора — это то, что он оплавляется, расплавленный металл может попасть на отражатель и разрушить его. За треугольным фланцем крепления радиатора в кронштейне имеется прилив, на обработанную поверхность которого посажены на шпильках две нижние медные щётки. Верхняя пара щёток расположена точно над нижними и прижимается к ним проволочными стяжками 15, находя-

щимися под воздействием спиральной пружины *16*, соединённой с нижней пластиной кронштейна. Задний прилив кронштейна расточен в виде втулки *17*, внутрь которой вставлена специальная втулка *18* с отверстием того же диаметра, что и в центральной части радиатора. На один конец этой стальной втулки насажена на винтах цилиндрическая шестерня с косыми зубьями. Она находится в сцеплении с шестернёй меньшего диаметра, сидящей на валике *19*, который входит концами в отверстия рамки *20*, прикреплённой к кронштейну. Валик свободно вращается, не имея возможности перемещаться в осевом направлении. Один конец валика соединён через шарнир Гука со штангой, идущей от регулятора лампы, и таким образом втулка *18* может вращаться вокруг своей оси. На противоположном конце втулки *17* кронштейна неподвижно сидит цилиндрическая шестерня *21*, вокруг которой при вращении втулки *18* обкатывается шестерня *12*, сидящая на валике, вставленном в нарост *23* на шине переднего фланца втулки *18*. На этом же фланце имеются два ушка с отверстиями. Внутрь этих отверстий вставлены оси, на которых сидят две бронзовые колодочки (обоймы) *24* корытообразной формы. На одном валике с шестернёй *22* сидит червячный винт, вращающийся при обкатывании шестерни *22* по шестерне *21*. Он передаёт движение червячной шестерне *25*, сидящей на наружном конце оси, вставленной в колодочку *24*. На противоположном конце этой оси имеется малая цилиндрическая зубчатка, сцеплённая с латунной шестернёй *26*. На одной оси с этой последней шестернёй, внутри колодочки, сидит ролик, подающий электрод вперёд. Шестерня *26* сцеплена с такой же шестернёй, сидящей на оси, вставленной во вторую колодочку и имеющей второй подающий ролик. Это устройство обеспечивает вращение обоих роликов в противоположных направлениях с одинаковой скоростью. Колодочки *24* стягиваются спиральной пружиной *27*, и таким образом шестерни *26* постоянно находятся в сцеплении, и электрод, проходящий через отверстие во втулке *18*, равномерно зажимается роликами. С вращением втулки *18* и сидящих на её фланце колодочек *24* анод получает непрерывное вращение вокруг своей оси. При вращении червячного винта ролики, сидящие внутри колодочек *24*, получают вращение в противоположных направлениях и, вдавливаясь в оболочку анода, сообщают ему поступательное движение.

Ток к аноду подводится от зажима *28* через скобу *12* и пластинчатые медные шины *29* к щёткам. Все подающие ролики изготовляются в этом случае из вольфрамовой стали и имеют цилиндрическую насечку. Угол между осями анода и катода здесь приблизительно равен 16°.

Дуговые лампы корабельных прожекторов типа МПЭ-Э6,0-2, а также корабельных прожекторов фирмы „Сперри“ диаметром 45 и 60 *см* имеют головки, выполненные так, что держатель анода и механизмы его подачи и вращения имеют такое же устройство, как и у ламп 90-*см* прожектора МПЭ-Э9,0-2.

Держатель катода и механизм его подачи изготовлены несколько иначе. Держатель катода состоит из кронштейна *1* (рис. 101), на котором установлен ведущий винт *2* с прямоугольной нарезкой. Винт *2* приводится во вращение от валика *3*, идущего от регулирующего механизма, через пару конических

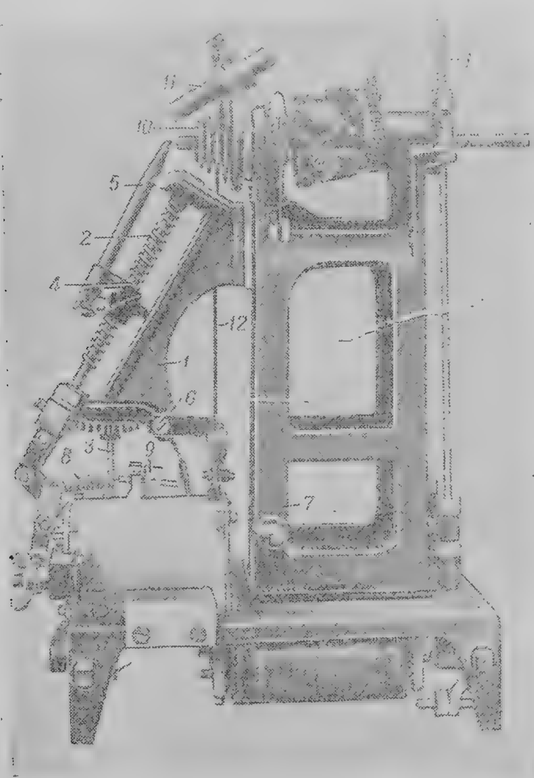


Рис. 101. Автоматическая дуговая лампа корабельного прожектора МПЭ-Э6,0-2 обр. 1938 г.:

1 — кронштейн отрицательного угледержателя; *2* — ведущий винт подачи катода; *3* — вертикальный валик подачи катода; *4* — ползун-держатель катода; *5* — отрицательный уголь; *6* — отрицательный зажим лампы; *7* — кронштейн положительного угледержателя; *8* —рычаг электромагнита мгновенного зажигания; *9* — приводной валик от мотора вентилятора; *10* — радиатор; *11* — третий электрод; *12* — шина присоединения третьего электрода

шестерён. При вращении ведущего винта по нему скользит ползун *4*, в который вставлен конец катода. Ползун имеет хвост, помещённый в направляющей прорези и препятствующий его проворачиванию. Кроме того, ползун имеет спе-

циальную пружину, прижимающую противоположный конец катода к контактному желобку на другом конце кронштейна. Когда катод сгорит и остаётся огарок длиной приблизительно 125 *мм*, то косой зуб ползуна *4*, соединённый с нарезкой ведущего винта, входит в заточку на винте, дальнейшая подача катода прекращается, и дуга рвётся.

Для смены катода достаточно, пересилив пружину, повернуть втулку ползуна *4* от себя, и катод, отойдя от контактного желобка, свободно вынимается из втулки. Ток к катоду подводится от зажима *6* через тело кронштейна к контактному желобку.

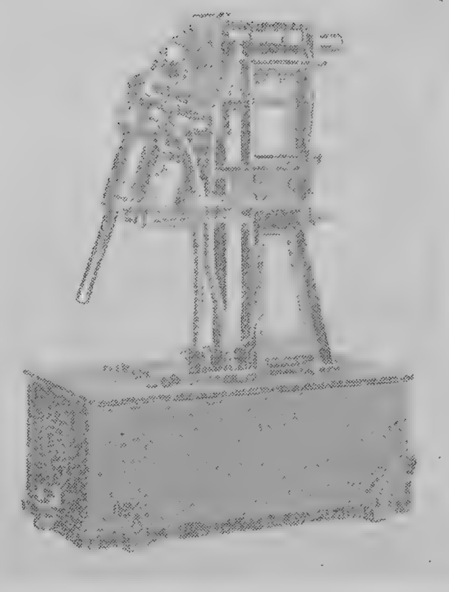


Рис. 102. Электромагнитная дуговая лампа для дуги повышенной яркости малой мощности

На рис. 102 представлена дуговая лампа фирмы „Лоннекер“ для дуги повышенной яркости на силу тока 40—55 *а* для 45—60-*см* корабельного прожектора. У этой лампы катод и анод только подаются вперёд при помощи одного ролика, который расположен против контактной щётки. Контактная щётка под воздействием пружины прижимает электрод к ролику. Щётка имеет пружинный зажим для подключения регулятора, который при сгорании одного из электродов выключается.

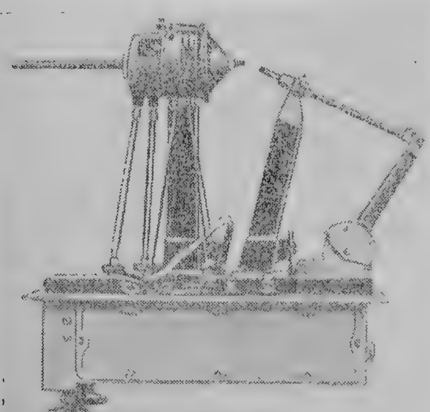


Рис. 103. Дуговая лампа „Галилео“

У большинства современных дуговых прожекторных ламп механизмы подачи и вращения анода имеют примерно одинаковое устройство: имеется вращающаяся каретка, где анод зажат между двумя зубчатыми роликами, которые получают вращение в противоположных направлениях с одинаковой скоростью.

Так устроен этот механизм у дуговых ламп фирмы „Галилео“ (см. рис. 90 и 103), фирмы ВВТ (см. рис. 117), фирмы „Лоннекер“ (рис. 104) и мно-

гих других. В большинстве случаев от автомата к положительной части головки лампы идут две тяги или два карданных валика. Это означает, что имеется возможность при работе лампы производить ускоренную подачу анода без ускорения вращения или ускорить вращение без ускорения продвижения электрода. В дуговых лампах, имеющих раздельные подачу анода и его вращение, каретка более сложна и имеет или планетарные передачи или зубчатый диференциал. В таких случаях регулирование горения дуги ведётся более плавно, и обслуживающему лампу удобнее следить, чтобы дуга горела спокойно, без заметных миганий, шипения и без обильного выделения копоти.

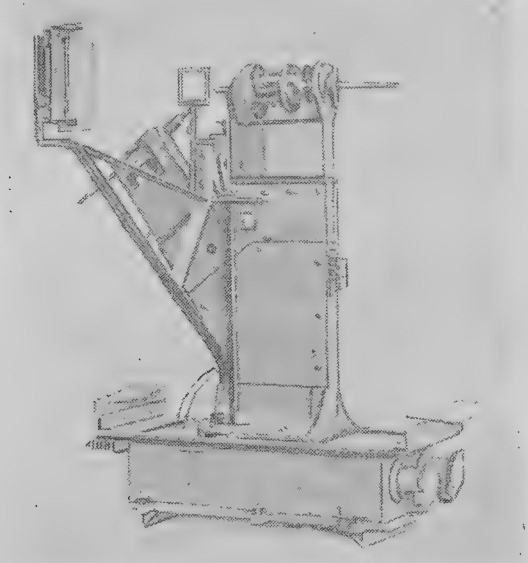


Рис. 104. Дуговая автоматическая лампа „Лоннекер" на 150 *a*

Ток подводится к аноду во всех случаях при помощи медных щёток, причём иногда при смене электрода отжимается верхняя щётка, а иногда нижняя. Токоведущая часть анода окружается втулкой, несущей на себе экран-радиатор, прикрывающий каретку и отводящий тепло от раскалённого конца анода.

Часто механизм подачи анода соединяют с контактом в цепи двигателя или электромагнита, ведающего движением анода. Контакт размыкается, когда весь электрод сгорит; тогда цепь разрывается, и действие лампы прекращается. У лампы „Лоннекер" (см. рис. 104) концевой контакт связан с нижним

роликом подачи анода, который пружиной отжимается вверх, и когда электрод сгорит весь и его конец пройдёт через ролик, последний поднимется вверх, контакт разомкнётся, и лампа выключится. Иногда на головке лампы монтируются специальные контактные пластинки, которые размыкаются или замыкаются при сгорании электродов вследствие того, что их разъединяет или сближает движущаяся деталь на зажиме электрода или на каретке подачи. Действие этого блокирующего контакта влечёт за собой прекращение подачи электродов, разрыв дуги или появление сигнала о необходимости смены углей.

Держатели катода и механизмы его подачи имеют более простое конструктивное устройство, сходное с устройством дуговых ламп МПЭ-Э6,0-2 и МПЭ-Э9,0-2. Другими словами, катод продвигается вперёд или при помощи роликов, или же при помощи ходового винта бесконечной цепи или движущейся тяги. Например, у дуговой лампы „Лоннекер“ (см. рис. 104) катод подаётся при помощи роликов, один из которых имеет насечку, а другой — без насечки и служит только направляющим, так как он вращается только вследствие трения с электродом.

Дуговая лампа ВВТ имеет механизм подачи катода с таким же ходовым винтом с прямоугольной нарезкой, как и лампа МПЭ-Э6,0-2; причём в момент зажигания дуги катод продвигается к аноду с большей скоростью, чем при горении лампы.

У дуговых ламп AEG и Цейсса механизм подачи катода устроен так, что зажим катода жёстко связан с звеном бесконечной цепи, которая приводится в движение цепным зубчатым колесом.

Оригинально устроен механизм подачи катода у дуговой лампы „Галилео“, представленной на рис. 103. На наклонной стойке имеются контактные щётки для подвода тока к катоду (близко к его горящему концу). Катод подаётся толкателем с шарнирным зажимом, причём толкатель поворачивается на некоторый угол, достаточный для продвижения катода через контактные щётки на определённую часть его длины. Поворот толкателя осуществляется специальным приводом от автомата лампы.

Все дуговые лампы обязательно снабжаются теми или иными приспособлениями для смены углей при горячей лампе. Смена электродов должна происходить легко и быстро (не более 2 минут).

Угол между осями электродов различен у всех описанных дуговых ламп, хотя он равен или 16—25°, или же 45—60°, причём у дуговых ламп большой мощности он меньше.

С точки зрения экранирования кратера анода и светового отверстия прожектора деталями лампы желательно, чтобы размеры головки в проекции на плоскость светового отверстия были невелики.

34. Приспособления для мгновенного зажигания и гашения дуги и для удержания кратера в фокусе

Приспособления для мгновенного зажигания дуги. Сравнительно недавно стали обращать внимание на скорость зажигания дуговой лампы после включения её под напряжение, а также на длительность процесса образования нормально горящей дуги с момента её появления. В боевой обстановке очень часто требуется дать луч прожектора мгновенно, поэтому необходимо иметь такое приспособление, которое давало бы возможность мгновенно образовать дугу, причём сразу же горящую при нормальном электрическом режиме. Оказывается, что после выключения дуговой лампы или при случайном обрыве дуги раскалённый конец анода продолжает светить до тех пор, пока не охладится. В результате луч прожектора не гасится мгновенно, а некоторое время сохраняется „красный луч", что демаскирует расположение прожектора. Поэтому одновременно с вопросом о мгновенном зажигании возник вопрос и о мгновенном гашении луча.

Кратер анода является самым главным и самым эффективным участком дуги в смысле получения максимальной световой мощности прожектора. Поэтому необходимо не только устанавливать кратер точно в фокусе отражателя, но удерживать его в этом положении стабильно во время горения дуги. Как показали исследования, луч прожектора очень чувствителен к точности установки кратера анода в действительном фокусе отражателя. Следовательно, необходимо иметь приспособление для удержания кратера в фокусе отражателя.

Наибольшее распространение получили два способа мгновенного зажигания дуги:

1. Зажигание при ускоренной подаче катода.
2. Образование дуги при помощи третьего вспомогательного электрода [1].

У всех современных дуговых ламп механизму подачи катода придаётся большая подвижность. Однако иногда дуговые лампы устроены так, что катод продвигается с максимальной скоростью до соприкосновения с анодом и затем удаляется от анода в момент образования дуги, а по мере сгорания и изменения нормального электрического режима подаётся вперёд с меньшей скоростью.

Например, дуговые лампы прожектора МПЭ-Э6,0-2 с 1937 г. снабжаются приспособлением для мгновенного зажигания, которое выполнено следующим образом.

Помимо вращения, ходовой винт может иметь поступательное движение вдоль своей оси. К нижнему концу винта шарнирно прикреплён рычаг, связанный с якорем электромагнита,

[1] Дуговые лампы с качающимся держателем катода у корабельных прожекторов не встречаются, так как такая лампа будет плохо работать при качке.

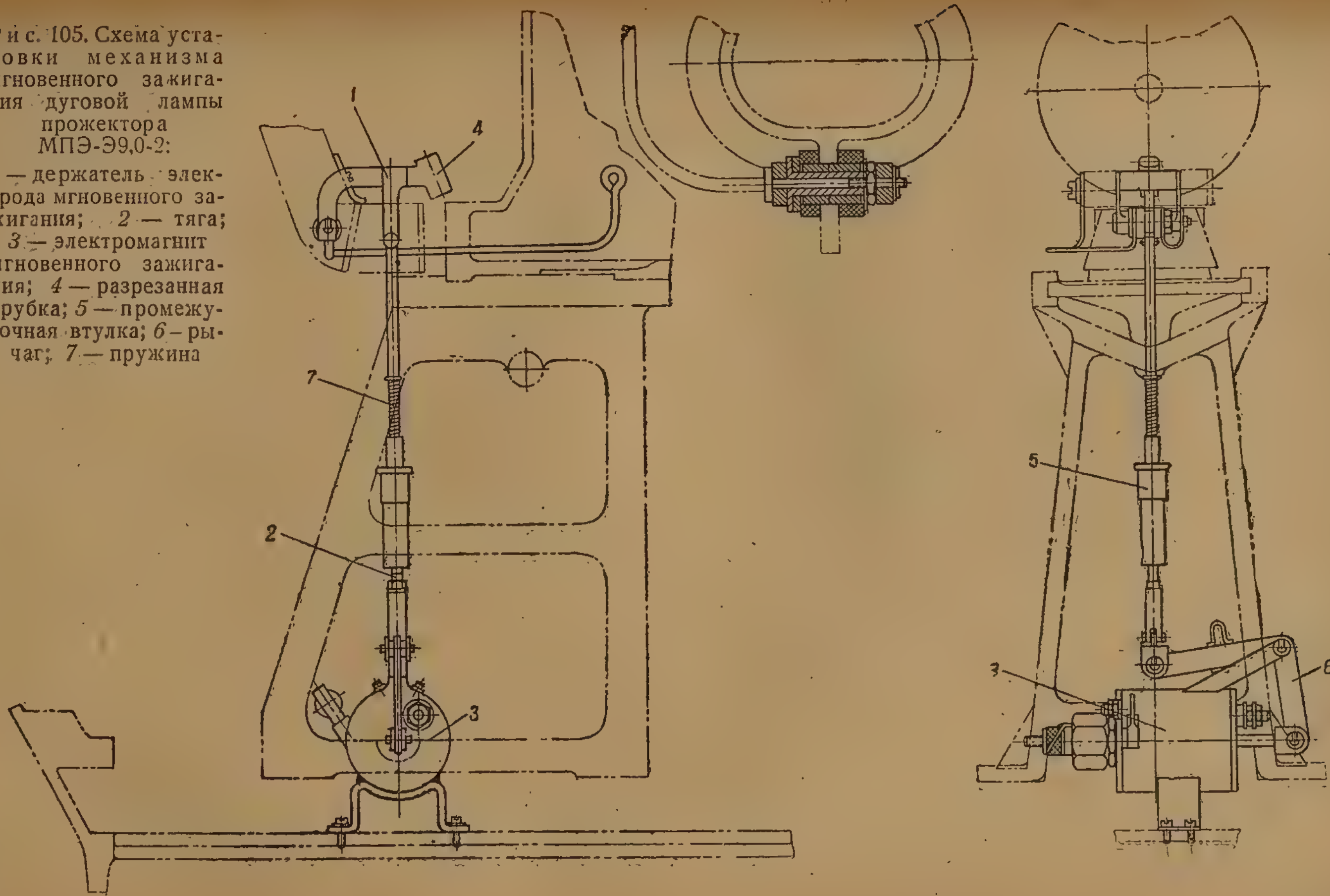


Рис. 105. Схема установки механизма мгновенного зажигания дуговой лампы прожектора МПЭ-Э9,0-2:

1 — держатель электрода мгновенного зажигания; *2* — тяга; *3* — электромагнит мгновенного зажигания; *4* — разрезанная трубка; *5* — промежуточная втулка; *6* — рычаг; *7* — пружина

которому противодействует пружина. Когда якорь электромагнита втянут, винт подаётся вверх, приближая конец вставленного во втулку каретки отрицательного угля к положительному. Натяжение пружины может регулироваться гайкой.

Электромагнит включён последовательно с дугой так, что якорь его втянут только тогда, когда дуга горит. Когда дуга не горит, действует пружина, которая приводит отрицательный электрод в соприкосновение с положительным. При включении дуговой лампы под напряжение электромагнит срабатывает, мгновенно разводит электроды, и дуга образуется.

Быстрым продвижением катода образуется дуга у лампы французской фирмы ВВТ. В этом случае при включении автомата под напряжение электродвигатель через электромагнитную муфту и две пары конических колёс приводит в действие вал квадратного сечения, находящийся на держателе катода. Тогда при быстром вращении ходового винта, подобного винту лампы МПЭ-Э6,0-2, зажим катода быстро движется по направляющей, и электроды приходят в соприкосновение. Когда катод коснётся анода, электромагнитная муфта перестаёт действовать; при отключённом механическом управлении квадратный вал механизма подачи катода начинает вращаться в обратном направлении под действием спиральной пружины; в результате этого концы электродов разойдутся, и дуга образуется окончательно.

У дуговых ламп фирмы „Галилео" дуга образуется также путём быстрого отхода катода от анода, которые перед зажиганием сведены до соприкосновения.

Мгновенное зажигание дуги при помощи третьего вспомогательного электрода применяется более широко.

Дуговая лампа прожектора МПЭ-Э9,0-2 обр. 1938 г. снабжена приспособлением для мгновенного зажигания (рис. 105). Всё приспособление состоит из держателя третьего электрода *1*, тяги *2* и соленоида *3*. На держателе имеются разрезанная трубка *4* и винт, при помощи которого третий электрод закрепляется в трубке. Держатель укреплён на кронштейне отрицательного угледержателя шарнирно и соединён токоведущей шиной с положительной частью головки. Держатель и детали шарнира изолированы от кронштейна отрицательного угля слюдяными шайбами и втулкой. Тяга *2* состоит из двух тяг, соединённых изоляционной втулкой *5*. Одним концом тяга шарнирно прикреплена к вилке держателя, а другим, также шарнирно, к коленчатому рычагу *6* соленоида. Коленчатый рычаг шарнирно укреплён на стойке корпуса соленоида и соединён с сердечником соленоида. При выключенной дуге сердечник вытягивается из соленоида пружиной и поворачивает рычаг *6*; последний поднимает тягу *2* вверх и прижимает третий электрод, вставленный в держатель *1*, к отрицательному электроду.

Электромагнит мгновенного зажигания показан на рис. 106. Пружина *1*, выталкивающая якорь *2* электромагнита, одним концом прикреплена к шпильке с резьбой *3*, на которую навин-

чена накатная гайка 4, а другим концом к якорю. Этой гайкой регулируется натяжение пружины. Обмотка соленоида включена последовательно в цепь лампы. При включении её под напряжение соленоид втянет сердечник и отведёт держатель третьего электрода вместе с углем от отрицательного угля. При отрыве третьего электрода от отрицательного между ними образуется дуга, которая почти мгновенно перебрасывается на основной положительный электрод, и через 0,5—1 секунду образуется нормальная дуга.

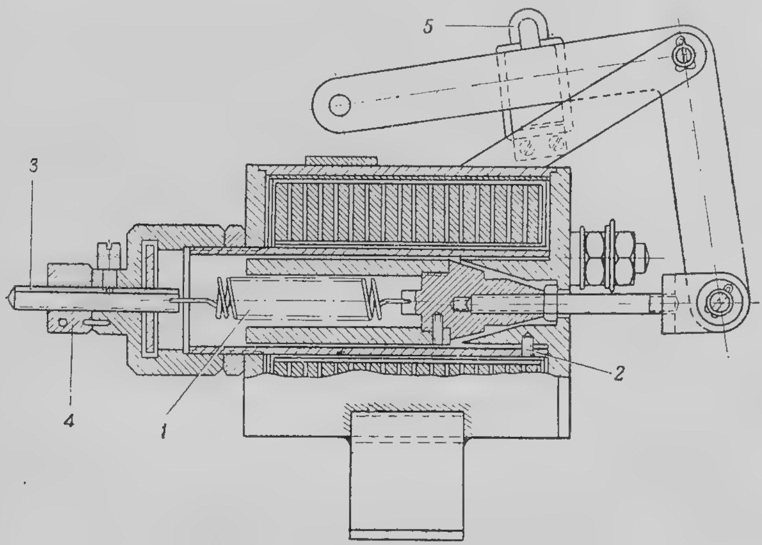


Рис. 106. Электромагнит мгновенного зажигания:
1 — пружина; *2* — якорь электромагнита; *3* — шпилька с резьбой для натяжения пружины; *4* — гайка; *5* — крючок для запирания рычага в опущенном положении

Для смягчения удара третьего электрода об отрицательный уголь на тяге *2* (см. рис. 105) имеется мягкая пружина *7*. Для прекращения действия механизма мгновенного зажигания (в случае неисправности последнего) предусмотрен крючок *5* (см. рис. 106), накидываемый на длинное плечо рычага. В качестве третьего электрода применяется огарок отрицательного электрода длиной 55—57 *мм*. Уголь вставляется в держатель так, чтобы он выступал на 30—35 *мм*.

У дуговой лампы фирмы „Лоннекер“ (см. рис. 104) приспособление для мгновенного зажигания устроено следующим образом.

К главным электродам примыкает короткозамкнутая дуга из двух запальных электродов, соединённых гибким проводником. При бездействии лампы эти электроды соединяют катод с анодом через гибкий проводник. При включении лампы под напряжение электромагнит через систему движущихся деталей удаляет оба

запальных электрода от основных электродов, и образовавшиеся две дуги соединяются на основных электродах. Короткозамкнутые вспомогательные электроды после этого остаются без тока. При выключении лампы система пружин возвращает вспомогательные электроды на прежнее место, после чего можно снова производить мгновенное зажигание.

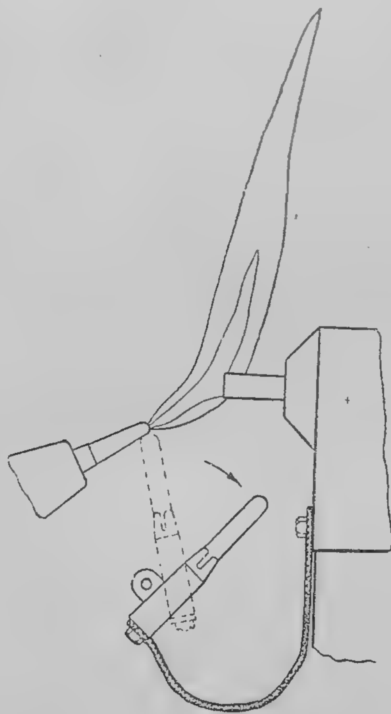


Рис. 107. Положение третьего электрода для мгновенного зажигания в лампах „Лоннекер" новейшей конструкции

Следует заметить, что двух запальных электродов вовсе не требуется; поэтому фирма, введя в конструкцию лампы приспособление для мгновенного гашения дуги, ограничилась одним электродом для мгновенного зажигания, расположенным, как показано на рис. 107.

Несмотря на общий принцип устройства, приспособления для мгновенного зажигания работают не все одинаково надёжно и хорошо. Это происходит часто вследствие того, что неправильно выбраны расположение вспомогательного электрода и направление его движения при зажигании. Сообразуясь с направлением результирующей собственного магнитного поля дуги, как изогнутого проводника, необходимо, чтобы угол между вспомогательным электродом и катодом имел биссектрису, пересекающую кратер анода, и пламя надёжно перебрасывалось на анод.

Механизм мгновенного гашения дуги. При наличии дуговых ламп с мгновенным зажиганием нельзя воспользоваться рубильником прожектора для мгновенного гашения луча, так как медленное охлаждение положительного электрода не позволяет мгновенно прекратить свечение и резко ограничить по времени световой сигнал.

Наиболее распространённым устройством для быстрого гашения луча и для сигнализации являются пластинчатые жалюзи. Однако жалюзи можно заменить приспособлением на дуговой лампе, например специальными хлопушками, которыми снабжались некоторые дуговые лампы „Лоннекер", ВВТ и AEG. Эти хлопушки выполняют роль затемнителя и действуют так, что при включении лампы под напряжение они расходятся в стороны от дуги, а при включении сразу же сходятся вместе и закрывают раскалённые концы обоих электродов.

Приспособление для мгновенного гашения дуги у лампы ВВТ имеет следующее устройство. На кинематической схеме лампы (см. рис. 117) можно проследить взаимодействие деталей этого приспособления. При включении лампы под напряжение электромагнит притягивает оба сердечника, опирающиеся на плечи рычажных частей, и, сдвигая собачку *1*, освобождает храповое колесо *2*. При освобождённом храповом колесе планетарная шестерня диференциала проведёт вал *3*, и движение будет передаваться через две конические пары валу *4* и коническим шестерням хлопушек *5*. В результате хлопушки разойдутся, и начнётся образование дуги. При предельном раскрытии хлопушек собачка *6* придётся против прорези диска и затормозит вал *3*, фиксируя хлопушки в открытом положении. Но так как собачка *1* вышла из сцепления с храповым колесом *2*, то планетарная шестерня диференциала свободна, и электродвигатель сможет продолжать своё постоянное вращение. Незадолго до полного раскрытия хлопушек эксцентрик *7* замыкает контакты *8*, что вызывает включение главного контактора и электромагнитной муфты, и катод быстро будет подан вперёд — будет осуществлено зажигание дуги.

Мгновенное гашение происходит при выключении дуги, электродвигателя и электромагнита. Собачка *6* и планетарные шестерни диференциала освобождаются, и хлопушки под действием пружины закрываются. Для смены электродов хлопушки могут быть открыты вручную; для этого необходимо повернуть рукоятку хлопушек (слева на схеме) и разомкнуть блокирующие контакты, чтобы предупредить возможность случайного зажигания дуги. Если потянуть эту рукоятку, то через тяги и секторную передачу *9* хлопушки будут раскрыты. Если же рукоятку хлопушек опустить, пружина *10* возвратит все части механизма в исходное положение. Устройство приспособления довольно сложно, так как движение хлопушкам передаётся через большое количество промежуточных звеньев.

Дуговые лампы фирмы „Лоннекер", подобные показанной на рис. 104, снабжаются хлопушками с более простыми приводными механизмами. Построив механизм мгновенного гашения дуги для наших дуговых ламп, убедились, что наиболее целесообразно изменить приспособление для мгновенного зажигания дуги и возложить эту работу на механизм разведения хлопушек. Обе эти операции может выполнять один электромагнит мгновенного зажигания. Испытания таких хлопушек показали, что почти одинаково хорошо работают хлопушки из алюминия и из дюраля и что нагрев их при многократных зажиганиях дуги не достигает тех температур, которые создают угрозу оплавления.

Приспособление для удержания кратера в фокусе. В современных дуговых лампах получили распространение два способа удержания кратера в фокальной области отражателя:

1) способ третьего электрода;
2) способ термоконтакта.

Способ третьего электрода применён, в частности, у дуговых ламп корабельных 45- и 60-*см* прожекторов фирмы „Сперри". Он заключается в следующем. На радиаторе *10* (см. рис. 101) имеется прилив с отверстием, внутрь которого вставлен медный стержень *11*, играющий роль третьего электрода. Радиатор, а вместе с ним и этот медный стержень изолированы от корпуса и соединены медной шиной *12* с одним концом обмотки электромагнита, находящегося в коробке автомата лампы. Другой конец обмотки этого электромагнита соединён с положительным полюсом лампы.

Возможны два способа действия третьего электрода: при недостаточной подаче анода и при избыточной.

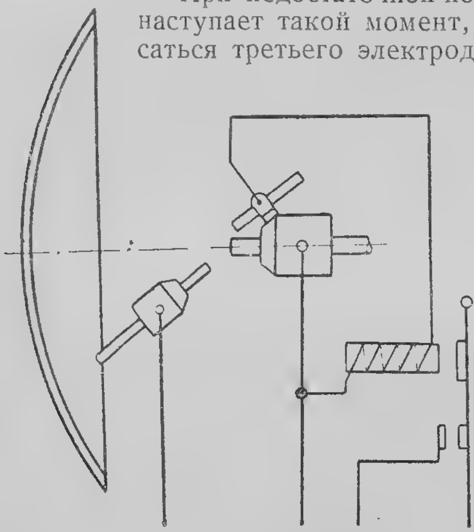


Рис. 108. Принципиальная схема приспособления для удержания кратера в фокусе отражателя с третьим электродом

При недостаточной подаче анода (лампа МПЭ-Э6,0-2) наступает такой момент, когда пламя дуги начнёт касаться третьего электрода и некоторый ток, пропорциональный сопротивлению параллельной цепи электромагнита, будет ответвляться в цепь электромагнита (рис. 108). Последний, срабатывая, воздействует на регулирующий механизм, и подача анода должна ускориться. Как только нормальное положение анода будет восстановлено, пламя дуги перестанет касаться третьего электрода, электромагнит останется без тока, и подача анода будет происходить обычным порядком. При избыточной скорости подачи анода третий электрод должен всё время находиться в контакте с пламенем дуги, и тогда механизм подачи анода должен действовать с несколько повышенной скоростью. При выходе кратера анода из фокуса контакт между пламенем дуги и третьим электродом нарушится, и скорость подачи анода должна уменьшиться. Это простое приспособление для удержания кратера в фокусе действует достаточно надёжно в условиях качки, тем не менее оно применимо только у дуговых ламп небольшой мощности. У прожекторов МПЭ-Э6,0-2 на правой стороне кожуха имеется кнопка ускоренной подачи положительного электрода. Нажатием этой кнопки мы подключаем конец обмотки электромагнита, соединённого с третьим электродом, к отрицательному полюсу дуговой лампы, и тогда он срабатывает, вне зависимости от положения пламени дуги относительно третьего электрода. Это может быть использовано в том случае,

когда по какой-либо причине, несмотря на отставание анода, ускоренного продвижения его вперёд не происходит и это создаёт угрозу перегрева и оплавления радиатора и, в свою очередь, может привести к порче отражателя.

У большинства современных прожекторных дуговых ламп для удержания кратера в фокусе отражателя применяются термоконтакты. Чаще всего термоконтакт представляет собой две плоские тоненькие пластинки из металлов с различными коэфициентами линейного расширения, сваренные одна с другой по плоскости и прокатанные вместе. Например, сталь „Инвар" и латунь[1]. При нагревании такая биметаллическая пластинка будет изгибаться в сторону металла с меньшим коэфициентом расширения. Всё приспособление в целом выполняется и действует в дуговых лампах следующим образом (рис. 109).

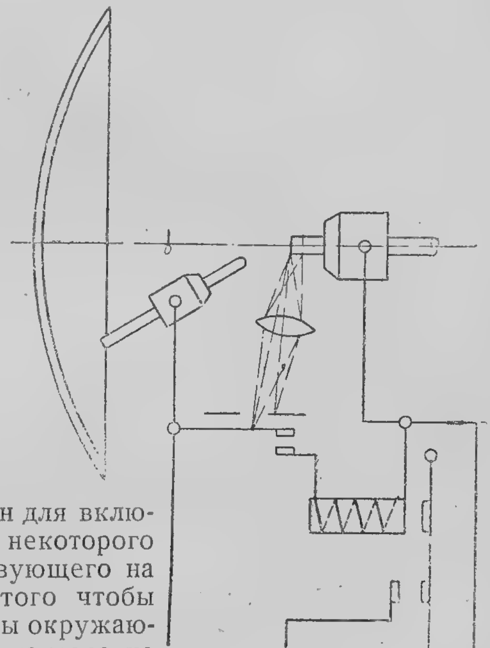


Рис. 109. Принципиальная схема приспособления для удержания кратера в фокусе отражателя с термоконтактом

Биметаллические пластинки располагаются так, что при правильном положении кратера анода его изображение, полученное от двояковыпуклой линзы, не находится на пластинках — они остаются в ненагретом состоянии. При смещении кратера из фокуса его изображение сместится и окажется на пластинках; они нагреются и изогнутся. Их изгиб может быть использован для включения или выключения некоторого электромеханизма, воздействующего на подачу анода вперёд. Для того чтобы общее изменение температуры окружающего воздуха и деталей прожектора не сказалось на биметаллических пластинках, устройство термоконтакта предусматривает температурную компенсацию. Для этого термоконтакт, например, имеет две секции биметаллических пластинок *1* и *2* (рис. 110), скреплённых посредине перемычкой *3* и расположенных так, что если на пластинке *1* металл с меньшим коэфициентом расширения находится снизу, то на пластинке *2* он находится сверху. В силу этого при изменении температуры обеих пластинок они изогнутся на одинаковые угловые вели-

[1] Коэфициент линейного расширения в *мм* к 1 *м* длины: сталь $\alpha = 0{,}0009$; латунь $\alpha = 0{,}0185$.

чины, но в противоположные стороны, и контакт 4 не замкнётся. Чтобы использовать малый изгиб биметаллических пластинок для перемещения контактирующих пластинок на такое расстояние, чтобы при размыкании их отсутствовало искрение, приходится контактные пластинки устанавливать на длинном плече 5. Зазор между контактными пластинками в этом случае может регулироваться винтом 6 при наблюдении за величиной зазора через отверстие 7, образующееся после вывинчивания пробки. Всё устройство заключается в алюминиевый литой корпус 8 с окошечком в крышке 9, через которое изображением кратера от линзы нагреваются биметаллические пластинки.

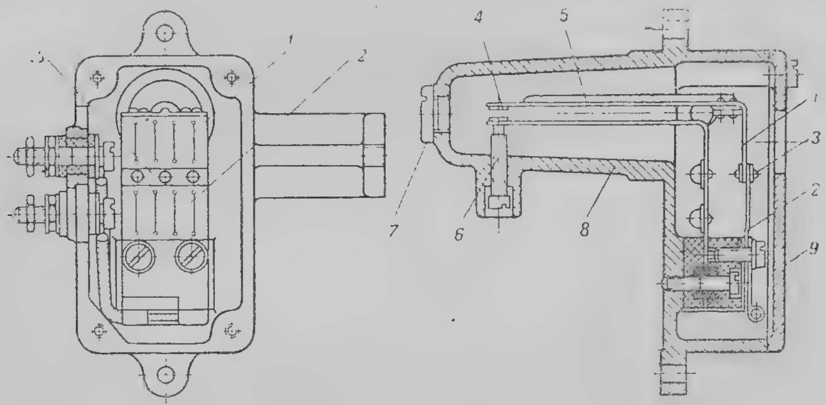


Рис. 110. Коробка термоконтакта дуговых ламп „Сперри":
1 и 2 — биметаллические пластинки; 3 — соединительная перемычка; 4 — контактирующие концы пластинок; 5 — плечо; 6 — винт регулирования зазора; 7 — винт в окошечке для наблюдения величины зазора; 8 — корпус; 9 — крышка корпуса

Принципиально действие термоконтакта может быть использовано для регулирования положения кратера анода также двумя способами: 1) задержка подачи анода при избытке; 2) ускорение при запаздывании.

В первом случае включение и выключение термоконтакта (в зависимости от положения биметаллических пластинок по отношению к падающему на них свету) должны сопровождаться задержкой, а во втором — ускорением подачи анода. Термоконтактом, включающим электромагнит ускоренной подачи анода, выполненным аналогично показанному на рис. 110, снабжаются дуговые лампы прожекторов МПЭ-Э9,0-2. Существует множество различных конструктивных образцов термоконтактов, и в дуговых лампах различных фирм используются свои разновидности этих приспособлений. Например, дуговая лампа фирмы „Лоннекер" (см. рис. 104) имеет термоконтакт, выполненный в виде серебряной бесконечной ленты, растягиваемой пружиной. При нагревании лента удлиняется, и это вызывает замыкание кон-

такта в цепи обмотки возбуждения электродвигателя автомата лампы. В результате шунтируется введённое в цепь обмотки возбуждения сопротивление, электродвигатель будет делать большее число оборотов, и подача анода ускорится.

Представляют интерес термоконтакты с двойной компенсацией. Принцип их действия заключается в следующем. Биметаллическая пластинка, разрезанная вдоль, укреплена винтом на колодочке, как показано на рис. 111. Второй шлейф пластинки свободно висит над срезом колодочки и является контактирующим. При общем нагреве обоих шлейфов пластинки она изгибается, но замыкания контакта не происходит, так как свободный шлейф пластинки удаляется от колодочки (первая компенсация). При равномерном и более интенсивном нагревании обоих шлейфов пластинки изображением дуги замыкания контакта не происходит по тем же причинам. Если почему-либо увеличится сила тока дуги и нагрев обоих шлейфов увеличится, замыкания контакта не произойдёт (вторая компенсация). Если же на свободный шлейф пластинки будет спроектирован срез кратера анода и часть высокотемпературного анодного пламени, свободный шлейф пластинки будет нагрет в такой степени, что его дополнительный изгиб вызовет замыкание контакта.

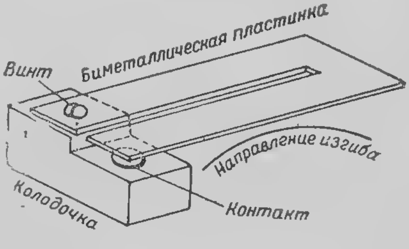


Рис. 111. Принцип устройства термоконтакта с двойной компенсацией

В подтверждение сказанного на рис. 112 приведено распределение энергии излучения дуги повышенной яркости в относительных единицах, измеренное с того направления, по которому дуга проектируется на биметаллическую пластинку. На кривой распределения в верхней части рисунка виден резко выраженный максимум энергии в области среза анода и анодного пламени.

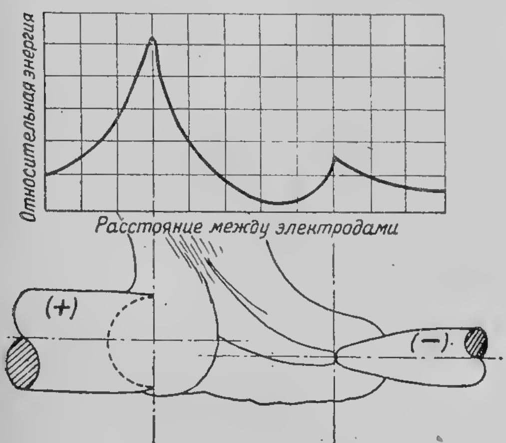


Рис. 112. Распределение энергии излучения дуги повышенной яркости

Встречаются термоконтакты в вакууме, термоконтакты высокой чувствительности и др. Однако назначение их в дуговых лампах всегда одно и то же.

Некоторые фирмы снабжают свои дуговые лампы приспособлениями для удержания кратера

в фокусе, у которых вместо термоконтакта имеются: фотоэлемент, усилитель простейшего типа и реле, шунтирующее сопротивление в обмотке возбуждения электродвигателя лампы.

Такое усложнение конструкции дуговой лампы ничем не оправдывается и не может считаться целесообразным, так как можно при помощи чувствительного термоконтакта и быстро срабатывающих реле удерживать кратер в фокусе с точностью долей миллиметра.

Проекционные приспособления. Кроме указанных здесь приспособлений для удержания кратера в фокусе, действующих в согласии с другими механизмами автоматической дуговой лампы, всякий дуговой прожектор обязательно снабжается так называемым проекционным приспособлением. Оно служит для

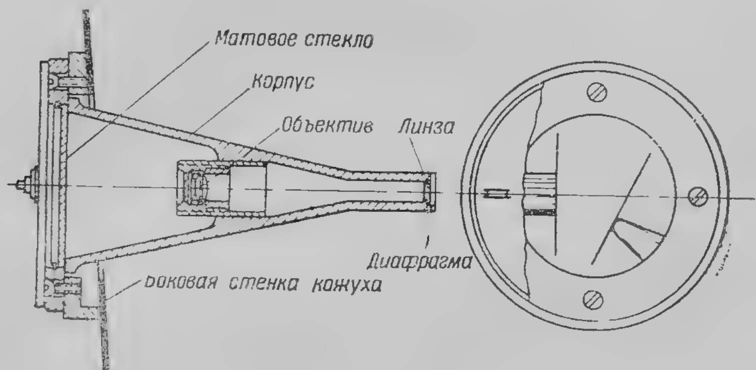


Рис. 113. Проекционное приспособление в виде трубки

наиболее удобного наблюдения за дугой, за её горением и положением обоих электродов относительно отражателя. Проекционное приспособление обычно выполняется так, что оно даёт изображение горящей дуги на матовом стекле, которое перекрывает некоторое окошечко на боковой стенке кожуха. На этом же стекле прочерчены две риски, фиксирующие нормальное положение раскалённых концов электродов относительно кожуха и отражателя.

Конструктивно проекционное приспособление может выполняться весьма разнообразно. Например, у прожекторов МПЭ-Э6,0-2 и МПЭ-Э9,0-2 оно имеет вид трубки, показанной в двух проекциях на рис. 113. Внутри трубки располагается оптическая система, состоящая из трёх двояковыпуклых линз. Две линзы укреплены в общей втулке с нарезкой на внешней поверхности и образуют объектив, который может перемещаться при настройке изображения на резкость. Третья линза, установленная в узком конце трубки, диафрагмирована, и имеет большое фокусное расстояние. На матовом стекле в этом случае получается уменьшенное в два раза изображение дуги.

Иногда проекционные приспособления устраивают при помощи зеркал, призм полного внутреннего отражения и линз других типов. Однако все они служат для одних и тех же целей — удобство наблюдения за дугой и обеспечение возможности наблюдать дугу при закрытом световом отверстии прожектора.

35. Автоматы дуговых ламп

Электромагнитные лампы. Современные прожекторные дуговые лампы в большинстве автоматические, т. е. регулирование дуги осуществляется при помощи тех или иных механизмов, питаемых тем же током, что и сама дуга. Регуляторы или автоматы дуговых ламп могут иметь электродвигатели, электромагниты, реле, переключающие устройства, сопротивления и т. д. Действие всех элементов автомата сводится к тому, чтобы при изменении электрического режима горения дуги ускорить или замедлить продвижение электродов и восстановить нормальный режим. Рассмотрим здесь устройство некоторых регуляторов дуговых ламп корабельных прожекторов.

Прожекторы малых диаметров (до 60 *см*) имеют дуговые лампы наиболее простой конструкции и автоматы без электродвигателей. Так как все функции регулирования дуги в лампах этих прожекторов выполняют электромагниты, лампы эти носят названия электромагнитных. Такие дуговые лампы были первыми автоматически действующими лампами, и в настоящее время они строятся как для дуги между чистыми угольными электродами, так и для дуги повышенной яркости. На рис. 114 представлена принципиальная схема регулятора электромагнитной лампы для дуги между чистыми угольными электродами на силу тока до 20 *а*. В этом случае угольные электроды (катод диаметром 6 *мм* и анод 8 *мм*) зажимаются концами, противоположными горящим, в специальные два зажима (на рисунке не показаны) двух угледержателей *1* и *2*. Угледержатели могут сближаться или отдаляться благодаря тому, что они своим основанием жёстко укреплены на площадках, насаженных при помощи гаек на общий ходовой винт *3*, который имеет на одном конце левую нарезку, а на другом правую. Этот винт приводится во вращение электромагнитным механизмом *4*, установленным на дне коробки *5* автомата лампы.

Действие автомата в целом происходит следующим образом. Когда дуга не горит, электроды установлены в зажимы угледержателей и соприкасаются своими концами. Как только дуговая лампа будет включена под напряжение, ток пройдёт через короткозамкнутые электроды и обмотку электромагнита *6*, установленного под качающейся площадкой *7*, отрицательного угледержателя *1*. При негорящей дуге этот угледержатель отклоняется пружиной (не показанной на рисунке) к положительному угледержателю *2*, и катод концом прижимается к аноду. Когда ток пройдёт по обмотке электромагнита *6*, качающаяся площадка *7*

будет притянута электромагнитом, и катод отскочит от анода — произойдёт мгновенное образование дуги.

Предположим теперь, что вследствие сгорания электродов длина дуги стала больше нормальной. Окажется большее напряжение на обмотке электромагнита *4*, включённого параллельно с дугой. Поэтому притягивающее усилие электромагнита *4* возрастёт, и, преодолев силу пружины *8*, электромагнит *4* притянет якорь *9*. При движении якоря *9* к сердечнику он передвинет влево собачку *10* и одновременно с этим разомкнёт контакт *11*.

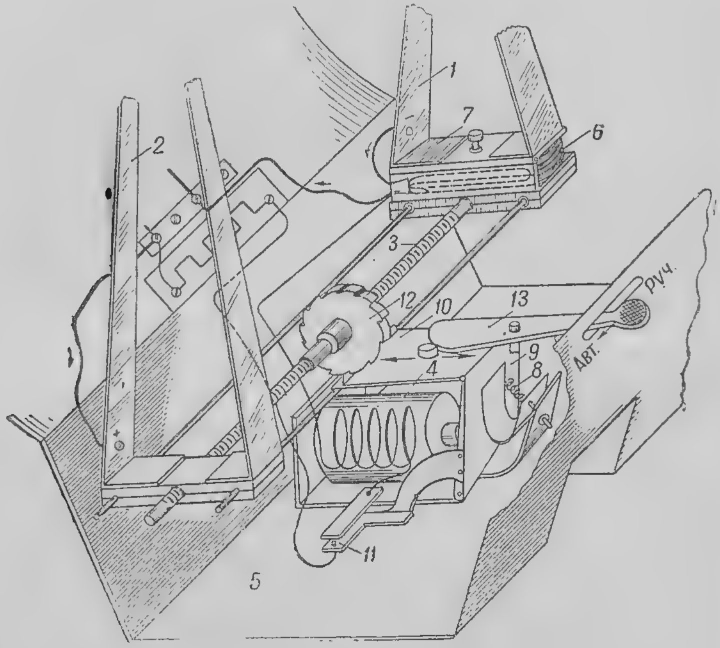


Рис. 114. Регулятор электромагнитной дуговой лампы:

1 — отрицательный угледержатель; *2* — положительный угледержатель; *3* — ходовой винт; *4* — электромагнит регулирования длины дуги; *5* — коробка лампы; *6* — электромагнит мгновенного зажигания; *7* — качающаяся площадка; *8* — пружина; *9* — якорь электромагнита; *10* — собачка подачи углей; *11* — контактные пластинки; *12* — храповое колесо; *13* — рычажок для переключения с автоматической работы на ручную и наоборот

В результате цепь электромагнита *4* окажется разомкнутой, якорь *9* под действием пружины *8* отскочит назад от сердечника и потянет за собой вправо собачку *10*, а эта последняя провернёт на один зуб храповое колесо *12*, а вместе с ним и ходовой винт *3*. Как только якорь отойдёт от сердечника электромагнита *4*, цепь последнего окажется вновь замкнута, и он снова сработает, цепь его вновь разомкнётся, и это будет продолжаться до тех пор, пока усилие, развиваемое электромагни-

том *4*, не уравновесится с усилием пружины *8*. Натяжение пружины *8* можно изменять от руки и тем устанавливать автомат лампы на регулирование горения дуги при определённом электрическом режиме. В случае отказа электромагнита *4* имеется возможность сводить и разводить электроды, вращая ходовой винт *3* от руки. Для этого необходимо рычажок *13* переключателя поставить в положение „Ручное". При автоматической работе лампы концы угольных электродов не разводятся. Все другие детали автомата на рис. 114 не требуют пояснений.

Дуговая лампа для дуги повышенной яркости малой мощности (40 *а* при 55 *в*) фирмы „Лоннекер", представленная на рис. 102, имеет электромагнитный автомат. У этой лампы также имеется сериесный электромагнит для мгновенного зажигания и шунтовой электромагнит для регулирования режима горения дуги путём сближения электродов. Принципиально автомат этой лампы имеет устройство, аналогичное рассмотренному выше, но конструктивно они выполнены различно.

Моторные лампы. Автоматы дуговых ламп корабельных прожекторов типа МПЭ-Э6,0-2 и МПЭ-Э9,0-2 также принципиально совершенно одинаковы, конструктивные их отличия заключаются в следующем. Автомат дуговой лампы прожектора МПЭ-Э9,0-2 помещён в отдельной коробке, которая не соединяется жёстко с головкой лампы и устанавливается не внизу, а на боковой стенке кожуха с правой стороны (по лучу); автомат этой лампы приводится в действие от самостоятельного электродвигателя, тогда как автомат лампы МПЭ-Э6,0-2 приводится в действие от электродвигателя вентилятора, и, наконец, они имеют различные скорости движущихся деталей, так как скорости подачи электродов различны.

Принципильное устройство автомата дуговых ламп этих прожекторов поясняется кинематической схемой на рис. 115. Действие его происходит следующим образом.

Мотор *1* и электромагниты *10* и *21* включены параллельно дуге. У автомата МПЭ-Э9,0-2 мотор типа МП 78/35 мощностью 35 *в* 3 600 *об/мин*, работающий при напряжении 78 *в*. Вращение от мотора передаётся через червячную пару *2* диску *3* с эксцентричным пальцем. Червяк укреплён на валу мотора; валик червячной шестерни может быть общим и для эксцентрика или же соединяется с отдельным валиком эксцентрика при помощи эластичной кулачковой муфты. Соприкасающаяся с диском *3* вилка *4*, укреплённая на штоке *5*, получает возвратно-поступательное движение по оси штока. Шток вставлен в приливы на коробке. На этом штоке шарнирно укреплена собачка *6*, которая при движении штока скользит по ограничительной планке *7* и сцепляется с храповиком *8*, поворачивая его за каждый ход на больший или меньший угол, в зависимости от положения ограничительной планки *7* относительно центра храповика. При вращении храповика поворачивается приводная штанга *9*, а с ней и каретка положительной части головки лампы. Собачка *6* прижимается

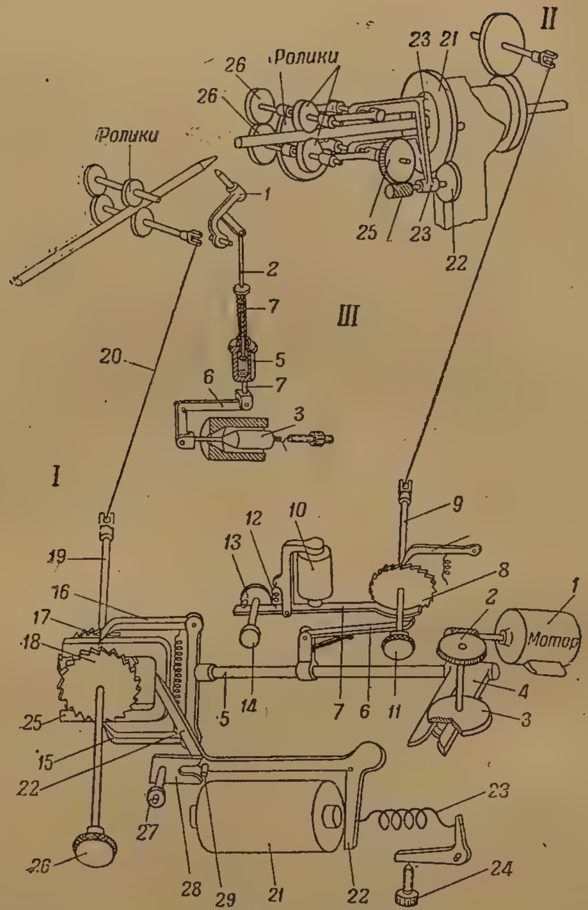


Рис. 115. Общая кинематическая схема головки и автомата дуговой лампы прожектора МПЭ-Э9,0-2 обр. 1938 г.:

I — автомат: *1* — мотор автомата; *2* — червячная пара; *3* — диск с эксцентричным пальцем; *4* — вилка; *5* — шток; *6* — собачка подачи и вращения анода; *7* — ограничительная планка; *8* — храповик; *9* — штанга; *10* — электромагнит термоконтакта; *11* — маховичок ручной подачи анода; *12* — пружина; *13* — диск с штифтом для перехода с автомата на полуавтомат; *14* — кнопка; *15* и *16* — собачки подачи катода; *17* и *18* — храповики; *19* — *20* — штанга; *21* — электромагнит регулировки длины дуги; *22* — рычаг; *23* — пружина; *24* — рифлёная гайка установки длины дуги; *25* — ограничительная рамка; *26* — маховичок; *27* — кнопка для перехода с автоматической на ручную подачу катода; *28* — вилка; *29* — штифт

II — головка лампы: *21* — втулка вращения анода; *22* — шестерня; *23* — кронштейн втулки; *25* — червячная пара; *26* — шестерня подачи анода

III — механизм мгновенного зажигания: *1* — держатель третьего электрода; *2* — тяга; *3* — якорь электромагнита; *5* — промежуточная втулка; *6* — рычаг; *7* — пружина

к планке *7* пружиной, укреплённой на штоке. Планка укреплена винтами на якоре электромагнита *10*. Электромагнит включён в цепь в лампе МПЭ-Э9,0-2 последовательно с термоконтактом, а в лампе МПЭ-Э6,0-2 последовательно с третьим электродом и параллельно дуге. Планка *7* одним концом (противоположным тому, по которому скользит собачка) опирается на эксцентрик *13* с маховичком на валике. Поворотом маховичка против часовой стрелки в направлении надписи „Полуавтомат" скорость подачи положительного электрода увеличивается вследствие того, что собачка *6* за один ход штока захватывает по восемь зубьев храпового колеса *8*; штанга *9* получает большую скорость вращения. Поворотом по часовой стрелке в направлении надписи „Автомат" скорость подачи уменьшается до одного зуба за один ход штока *5*.

Переключение с „Автомата" на „Полуавтомат" возможно только у дуговых ламп МПЭ-Э9,0-2.

На другом конце штока *5* закреплена вилка с двумя шарнирно укреплёнными собачками *15* и *16*, стянутыми пружиной. Каждая собачка зацепляется при движении штока со своим храповым колесом *17* или *18*; эти храповики закреплены фрикционно на общей оси штанги *19* и сообщают последней вращательное движение в ту или иную сторону, в зависимости от того, какая собачка зацепляется с храповиком. Через эту ось и приводную штангу *20* движение передаётся отрицательному углю лампы.

Приближение или удаление той или иной собачки к храповику зависит от положения рычага *22*, приводимого в движение электромагнитом *21* и противодействующей ему пружиной *23*. Натяжение пружины регулируется рифлёной гайкой *24*. При нормальном режиме рычаг стоит нейтрально и не допускает зацепления храповиков собачками, которые свободно скользят по направляющим рычага. При изменении режима дуги и напряжения электромагнита якорь последнего отклоняет рычаг *22* в соответствующую сторону. При отклонении рычага одна из собачек входит в зацепление с соответствующим храповиком и поворачивает его, подавая уголь вперёд или назад. Рычаг укреплён на якоре электромагнита и оттягивается пружиной *23*, прикреплённой одним концом к якорю, другим к рычажку, опирающемуся на винт с маховичком. Поворотом маховичка по часовой стрелке длина дуги и напряжение на дуге увеличиваются. При отрегулированной на нормальный режим пружине (78 *в* для МПЭ-Э9,0-2 и 55 *в* для МПЭ-Э6,0-2) колебания напряжения на дуге не должны быть больше ± 2 *в*. Регулировка производится так, чтобы при нормальном напряжении на лампе натяжение пружины уравновешивало усилие электромагнита и удерживало рычаг в таком нейтральном положении, когда собачки не зацепляют ни того, ни другого храповика. Для уменьшения размеров катушки электромагнита последовательно с ним включают добавочное сопротивление.

Регулирование длины дуги подачей отрицательного электрода происходит следующим образом. Как только, вследствие обго-

рания катода длина дуги возрастёт и падение напряжения на дуге увеличится, увеличится сила тока электромагнита *21*, и он притянет рычаг *22*, рамка *25* переместится вверх, нижняя собачка *15* войдёт в сцепление с храповиком *18* и приведёт штангу *20* во вращение по часовой стрелке, в результате чего катод пойдёт вперёд. При короткой дуге, наоборот, верхняя собачка придёт в сцепление с храповиком *17*, и штанга *20* получит вращение против часовой стрелки, в результате чего катод отойдёт от анода. Изменяя натяжение пружины *23*, можно по желанию отрегулировать механизм на определённую длину дуги и падение напряжения на междуэлектродном промежутке.

Для предохранения механизма автомата от поломок храповики *17* и *18* закреплены на штанге *19* фрикционно при помощи дисковых пружин. Положительный электрод маховичком *11*, сидящим на валике храповика *8*, можно подавать вручную только вперёд при вращении маховичка против часовой стрелки. Ручная подача отрицательного угля осуществляется маховичком *26*. При ручной подаче отрицательного угля вперёд или назад рычаг *22* должен обязательно закрепляться в нейтральном положении. Для этого необходимо винт *27* с вилкой *28* установить в крайнее левое положение (надпись „Ручное“). Для перевода вилки необходимо гайку ослабить, а по установке в требуемом положении — затянуть, после чего может производиться ручная подача катода. При необходимости подачи катода вперёд к аноду маховичок *26* вращается по часовой стрелке, а для подачи назад — против часовой стрелки.

На этом же рисунке представлена кинематическая схема механизмов головки дуговой лампы прожектора МПЭ-Э9,0-2 (рис. 115, II), и здесь можно видеть те же детали, что и на рис. 100 (они помечены теми же цифрами). На рис. 115, III представлена схема приспособления для мгновенного зажигания лампы МПЭ-Э9,0-2, причём детали этого приспособления на рис. 115 имеют ту же нумерацаю, что на рис. 105.

На рис. 116 представлены принципиальные кинематическая и электрическая схемы автоматической лампы 90-*см* корабельного прожектора „Галилео“. Устройство и действие этой лампы сводятся к следующему. Лампа включается под напряжение, когда электроды соприкасаются, при этом сразу оказываются под током два сериесные электромагнита *1* и *2*. Электромагнит *1*, втягивая сердечник и преодолевая пружину *А*, передвигает муфту *3* в крайнее правое положение, при этом ролики механизма подачи катода вращаются против часовой стрелки и отводят катод от анода—происходит мгновенное образование дуги. Одновременно электромагнит *2*, втягивая свой сердечник, отклоняет рычажный толкатель *4* вправо. Тогда правая собачка толкателя войдёт в сцепление с храповым колесом *5* и при качании будет поворачивать его, в результате чего катод также отходит от анода. Качание толкателя вызывается вращением электродвигателя *7*, который при включении лампы окажется под напря-

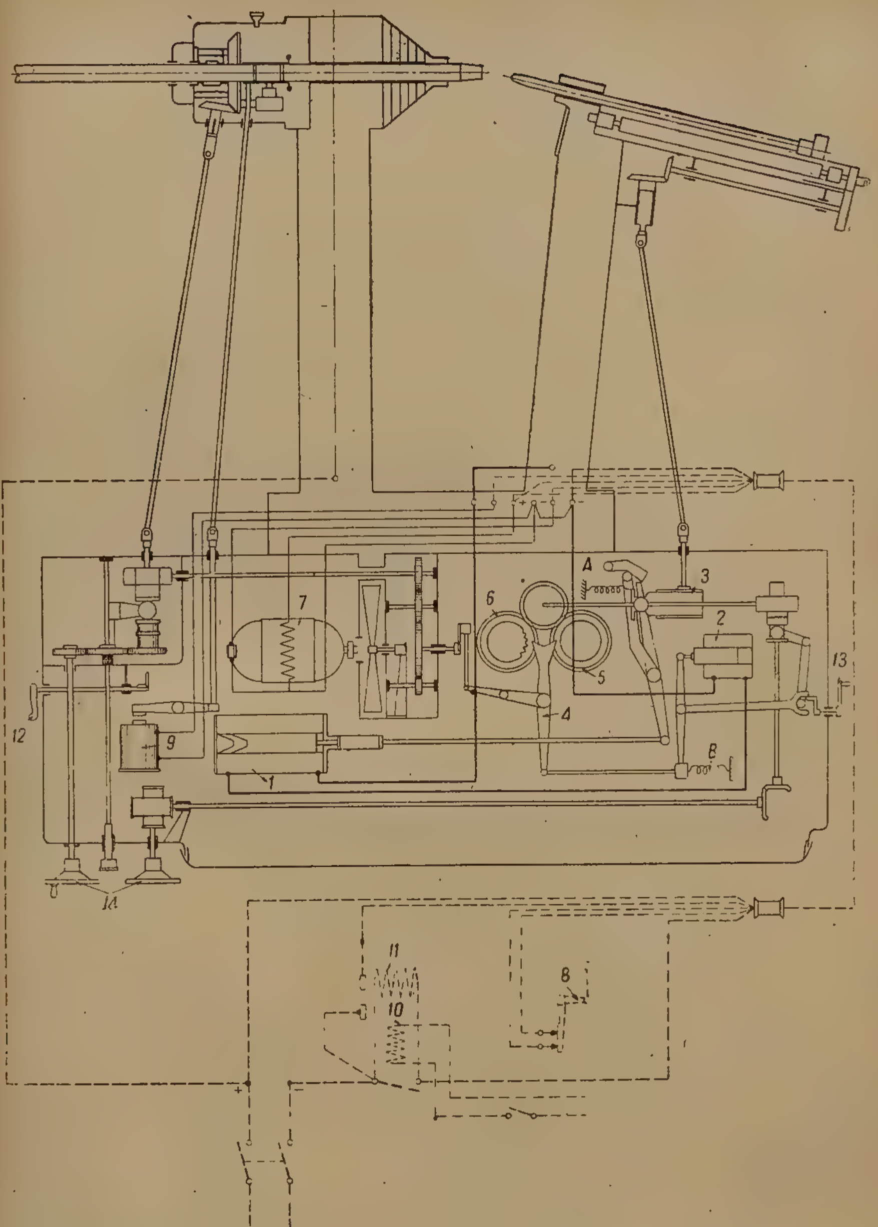


Рис. 116. Автоматическая дуговая лампа 90-*см* корабельного прожектора „Галилео":

1 и *2* — сериесные электромагниты; *3* — муфта; *4* — рычажный толкатель подачи анода; *5* и *6* — храповые колёса; *7* — электродвигатель; *8* — термоконтакт; *9* — электромагнит термоконтакта; *10* — реле включения лампы; *11* — реле; *12* — рукоятка для выключения термоконтакта; *13* — рукоятка для переключения с автоматической работы на ручную; *14* — штурвалы ручного управления лампой; *A* и *B* — пружины

жением. От этого же электродвигателя анод будет приводиться во вращение и подаваться вперёд, причём подача его будет происходить с запаздыванием. Если режим горения дуги нормален, собачки толкателя движутся между храповыми колёсами *5* и *6*, и катод остаётся неподвижным. Если же длина дуги увеличится, то пружина *В* отклонит толкатель в крайнее левое положение, его левая собачка войдёт в сцепление с храповым колесом *6* и будет поворачивать его, в результате катод пойдёт к аноду. Когда кратер анода отойдёт от фокуса отражателя на некоторое определённое расстояние, замыкается термоконтакт *8* и включает электромагнит *9*, а последний, притягивая якорь, воздействует на механизм подачи анода, увеличивая его продвижение вперёд. Как только лампа будет включена при помощи реле *10*, электродвигатель *7* автомата и электродвигатель, вращающий вентилятор прожектора, будут выключены при помощи реле *11*. По выключении лампы пружина *А* возвратит муфту *3* в крайнее левое положение и тем сблизит катод с анодом до соприкосновения.

Ускоренную автоматическую подачу анода можно получить помимо термоконтакта, если повернуть рукоятку *12* с эксцентриком и приблизить якорь электромагнита *9* к сердечнику. Вручную можно управлять движением электродов, если переключателем *13* толкатель поставить в нейтральное положение; тогда, пользуясь штурвальчиками *14*, можно сближать и разводить электроды от руки.

Дуговая лампа ВВТ одной из последних конструкций имеет следующее устройство автомата. Приспособления для мгновенного зажигания и гашения дуги этой лампы были рассмотрены в предыдущем параграфе. Кинематическая схема всей дуговой лампы представлена на рис. 117. Катод после образования дуги всё время подаётся электродвигателем равномерно вперёд со скоростью, соответствующей скорости сгорания. Вручную можно корректировать подачу катода вращением рифлёной гайки. Вращение этой гайки передаётся на зубчатку *11* и складывается (или вычитается) на диференциале с вращением, получаемым от электродвигателя.

Подача анода также производится равномерно, по мере сгорания, от того же электродвигателя. Если зубчатка *12* не задерживается выступающим концом штанги, то производится только вращение анода.

Если же зубчатка *12* задерживается концом штанги, то постоянное вращение втулки *13* передаётся роликам, которые продвигают анод. Скорость подачи анода можно регулировать при помощи детали переменного профиля *14*, увеличивая или уменьшая выступающий конец штанги. Для этой регулировки имеется установочная шкала с нанесёнными на ней различными скоростями сгорания анода. Установка детали *14* на различную скорость подачи производится вращением этой шкалы, а вместе с ней валика *15*, далее, через зубчатую рейку и тягу сооб-

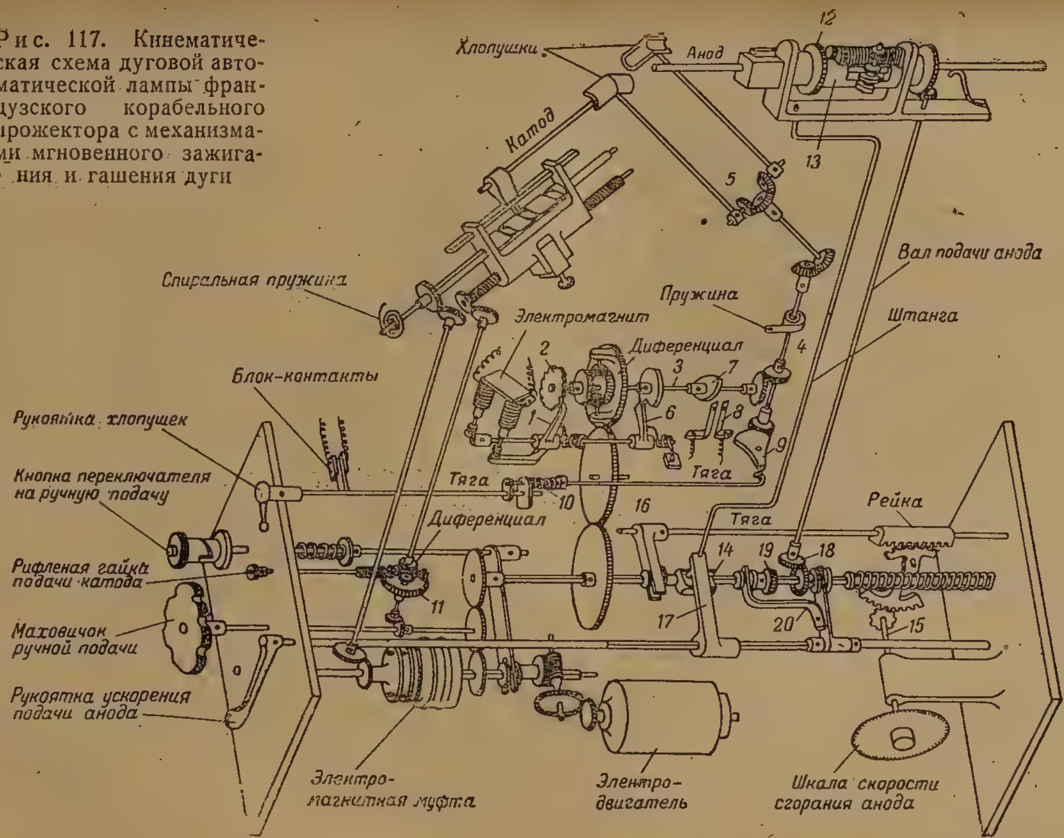


Рис. 117. Кинематическая схема дуговой автоматической лампы французского корабельного прожектора с механизмами мгновенного зажигания и гашения дуги

щается перемещение вилке *16*, которая передвинет деталь *14* и скорость подачи изменится на заданную величину.

Устройство автомата позволяет быстро продвигать анод вперёд или назад по мере необходимости. Хорошо отрегулированная лампа имеет несколько замедленную скорость подачи, и после длительного срока горения необходимо продвинуть анод вперёд. Для этого достаточно плавно нажать на рычаг ускоренной подачи анода (слева внизу на рис. 117), тогда вместе с валом повернётся толкатель *17*, что вызовет выдвижение штанги и ускорит подачу анода вперёд. Если по какой-нибудь причине анод слишком продвинут вперёд, то, нажимая тот же рычаг от себя и поворачивая его, можно расцепить зубчатки *18* и одну из них привести в сцепление с зубчаткой *19*. Тогда вал подачи анода начнёт вращаться в обратную сторону, а поворот рычага увеличит скорость продвижения анода, и последний пойдёт в обратном направлении, т. е. от катода. Когда рычаг будет опущен, пружина возвратит каретку *20* в прежнее положение, зубчатки *18* будут сцеплены, и анод начнёт двигаться нормально вперёд по мере сгорания. Для управления лампой вручную необходимо потянуть кнопку переключателя вперёд, тогда будет разъединена червячная пара электродвигателя, и он будет отключён. После этого, вращая маховичок ручной подачи, можно подавать электроды вперёд по мере сгорания.

Описанные здесь автоматы некоторых дуговых ламп, конечно, не охватывают всего многообразия имеющихся конструктивных вариантов этих механизмов. Основная цель, которая ставилась при описании этих разновидностей, — это показать возможность построить механизмы, достаточно чувствительные к колебаниям электрического режима дуги, добиться полной автоматичности действия дуговой лампы и привлечь внимание к этим интересным, наиболее сложным и наиболее ответственным механизмам прожектора.

При проектировании дуговой лампы или при внесении изменений в её конструкцию необходимо подбирать все детали её кинематической схемы так, чтобы обеспечивалась определённая скорость подачи обоих электродов, а также определённая скорость вращения анода для сохранения глубокого кратера. Для этого следует рассчитать все элементы кинематической схемы лампы с точки зрения передаточных отношений и привода различного рода механизмов.

36. Установка дуговой лампы в кожухе прожектора

Дуговая лампа должна быть установлена внутрь кожуха прожектора так, чтобы анод был обращён горящим концом к отражателю и чтобы кратер анода находился в фокусе отражателя. Лампы для дуги повышенной яркости имеют неподвижные держатели электродов, в силу чего не обязательно соединять все механизмы управления дугой в одно целое. Разделение некоторых элементов регулирующего механизма выгодно

в смысле лучшего доступа к ним при осмотре, чистке и ремонте, но вместе с тем оно требует выверки их расположения и соответствующего крепления к кожуху прожектора. Необходимо также иметь в виду, что в случае вынужденного перехода с автоматического управления лампой на ручное штурвалы этого управления желательно иметь на боковой стенке кожуха, так как для обслуживающего лампу удобнее наблюдать за ней, а также и за лучом со стороны, а не сзади кожуха прожектора. Рассмотрим здесь некоторые случаи установки ламп в прожекторах.

Корабельные дуговые 45 — 60-*см* прожекторы имеют дуговые лампы, у которых головка, как правило, жёстко соединяется при помощи кронштейна с коробкой автомата. Таковы, например, дуговые лампы, представленные на рис. 101 и 102, а также дуговые лампы прожекторов, показанных на рис. 76, 77 и 95. В этом случае коробка автомата устанавливается на нижней части

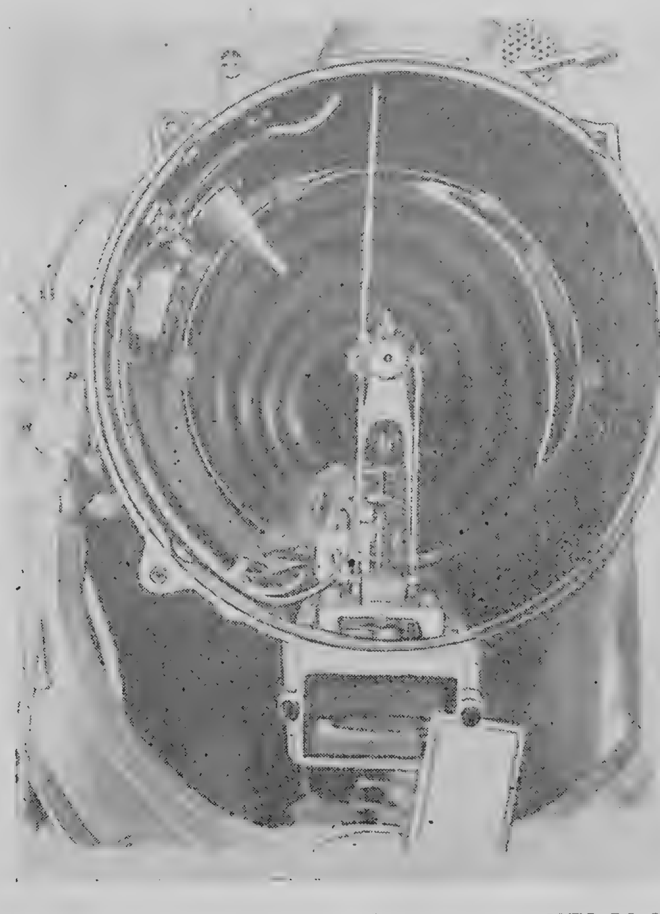


Рис. 118. Установка дуговой лампы в прожекторе МПЭ-Э6,-2

боковой стенки кожуха и крепится к кожуху или при помощи специальных приливов (в виде коробки, направляющих реек, кронштейнов), или при помощи специальных жёстко укреплённых на кожухе деталей.

На рис. 118 показана дуговая лампа, установленная в прожекторе типа МПЭ-Э6,0-2. Автомат лампы приводится в действие от электродвигателя, вращающего вентилятор, через специальный редуктор, установленный в коробке вентилятора, и вертикальный валик, отчётливо видный на рисунке. Коробка автомата покоится на бортах полого коробчатого прилива в средней литой части кожуха, причём к некоторым элементам автомата лампы имеется доступ через люк, с которого наполовину снята крышка. Этот люк служит главным образом для доступа к гайке, посредством которой производится настройка регулятора на определённую длину дуги.

Проводники, подводящие ток к дуговой лампе, закреплены внутри на боковой стенке кожуха.

На рис. 119 показан вид снизу коробки автомата дуговой лампы прожектора МПЭ-Э6,0-2. Здесь видны многие детали, которые упоминались в параграфе 35 при описании кинематической схемы этой лампы. Коробка опирается на борта коробчатого прилива посредством четырёх квадратных шипов *2* и может сдвигаться вдоль оси кожуха, приближаясь к отражателю или отдаляясь от него на некоторое небольшое расстояние. Это продвижение лампы осуществляется тем, что в прилив *3* коробки автомата ввёртывается винт, который не может сдвигаться отно-

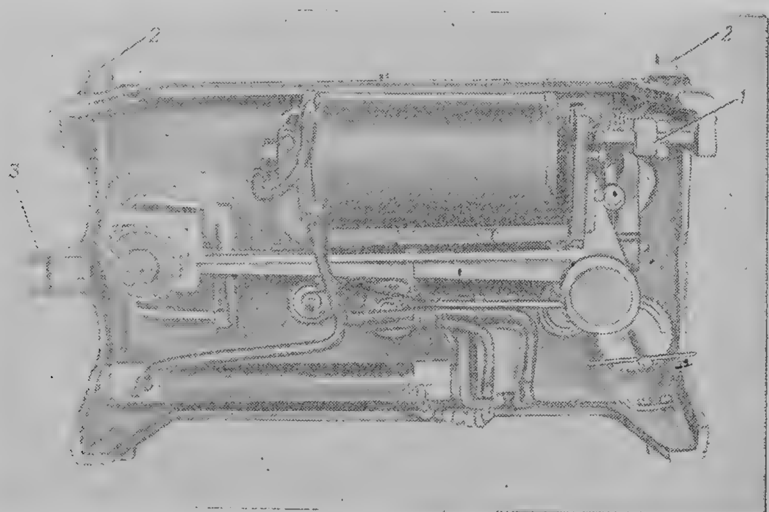


Рис. 119. Вид снизу коробки автомата дуговой лампы МПЭ-Э6,0-2: *1* — ножки коробки; *2* — направляющие шипы; *3* — прилив с отверстием для фокусирующего винта

сительно коробчатого прилива кожуха, а может свободно вращаться в гнезде. Винт снабжается маховичком, который виден на рис. 78. Когда лампа сдвинута в крайнее переднее положение (от отражателя), она может быть легко вынута из кожуха, так как в этом случае шипы *2* (см. рис. 119) окажутся против пазов в рейках, прикреплённых к опорным бортам коробчатого прилива. Следует заметить, что большинство иностранных фирм таким образом устанавливают дуговые лампы и в прожекторы большой мощности. О преимуществах и недостатках этого способа установки говорилось в начале этого параграфа.

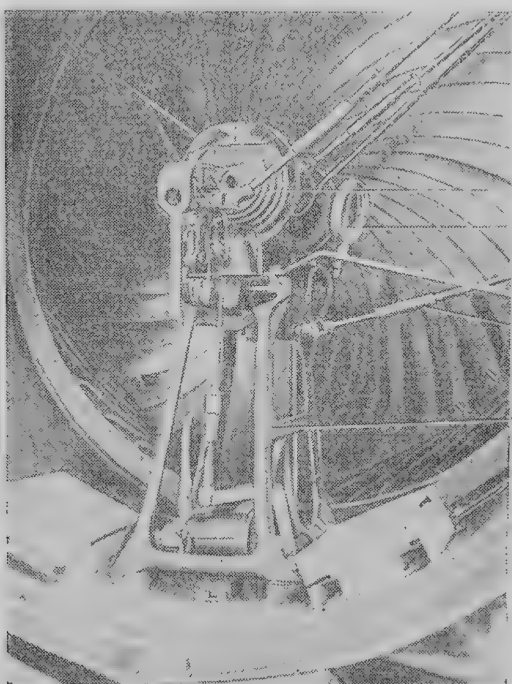


Рис. 120. Установка дуговой лампы в прожекторе МПЭ-Э9,0-2:
1 — головка лампы; *2* — стойка; *3* — карданный валик; *4* — линза

У прожектора МПЭ-Э9,0-2 дуговая лампа устанавливается в кожухе так, что коробка автомата крепится на правой боковой стенке кожуха, где размещается и коробка термоконтакта, а головка *1* дуговой лампы (рис. 120) устанавливается на специальной литой силуминовой стойке *2*. Головка лампы вставляется основанием в пазы на стойке и может перемещаться в них относительно стойки вдоль оси кожуха. Перемещение головки осуществляется ввёртыванием винта в отверстие с резьбой

в хвостовике основания головки лампы (см. рис. 100). Винт через пару конических зубчаток соединён с карданным валиком. Стойка лампы прикрепляется к боковой стенке кожуха четырьмя болтами. Внутрь кожуха к головке лампы идут от автомата два карданных валика *3*, приводящие в движение механизмы подачи электродов. Ниже автомата расположена коробка термоконтакта, на которую проектируется изображение раскалённого конца анода при помощи линзы. Линза может передвигаться на планке в гнезде, чем и пользуются при выверке термоконтактного приспособления для удержания кратера в фокусе. Внизу под фермой стойки лампы установлен электромагнит мгновенного зажигания. Положение головки лампы, соответствующее условию, когда кратер анода находится в фокусе отражателя, отмечено на стойке лампы рисками. Головка может быть снята со стойки после того, когда вывернут весь фокусирующий винт, т. е. головка сдвинута в крайнее переднее положение (от отражателя).

Иногда дуговую лампу устанавливают в прожектор так, что её можно легко и быстро сдвинуть из фокуса на определённую величину для получения расширенного луча или для отклонения луча в сторону. Ранее уже указывалось, что, стремясь избавиться от вредного влияния пламени над дугой, устанавливают дуговую лампу так, что дуга оказывается перевёрнутой (см. параграфы 29 и 3) или установленной в кожухе наклонно по отношению к горизонтали; при этом лампа может крепиться к специальной вставной раме на кожухе вместе с вентиляционным камином или отдельно от него. Термоконтакт в этом случае располагается или в коробке автомата, или же выносится наружу. Ручным управлением лампы, штурвалы которого имеются на дне коробки автомата, удобнее пользоваться именно при перевёрнутой лампе.

У корабельных прожекторов „Галилео“ дуговые лампы расположены горизонтально (см. рис. 90). Регулирующий механизм находится на линии оси цапф кожуха, что требует особого способа его крепления. Со стороны одной цапфы кожуха устанавливается механизм вращения его в вертикальной плоскости, а у другой цапфы располагается автомат лампы. Это значительно увеличивает расстояния между стойками лиры, утяжеляет последнюю, усложняет монтаж цапф и условия балансировки кожуха на лире. Следует заметить, что желание усовершенствовать конструкцию прожектора путём нейтрализации вредного действия пламени над дугой переворачиванием дуги всегда вызывает усложнение и самой дуговой лампы и приспособлений для её установки. Поэтому чаще всего дуговые лампы устанавливают так, что автомат находится внизу, а дуговое пламя экранируют вентиляционным камином или срезают струёй воздуха, или же добиваются его уменьшения качеством электродов и другими способами.

Глава IX

ПРИБОРЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛУЧОМ ПРОЖЕКТОРА

37. Приборы управления лучом, монтируемые на прожекторе

Общие сведения. Луч прожектора должен обладать подвижностью, чтобы его можно было легко и удобно наводить на цель или на приёмник сигнала. Он должен перемещаться в пространстве, чтобы можно было производить поиск цели и следить за движущейся целью, удерживая её в зоне освещения. Кроме того, на практике возникает необходимость быстро зажигать и гасить луч, изменять силу света луча и его угловую ширину. Вся совокупность устройств, предназначенных для управления лучом прожектора, образует *системуу правления* и состоит из приборов, смонтированных на самом прожекторе, и приборов, изготовленных отдельно.

Элементы системы управления лучом, смонтированные на прожекторе, обеспечивают:

1) открывание и закрывание луча — это или жалюзи, или механизмы мгновенного зажигания и гашения дуги, или же просто включающее устройство на прожекторе;

2) изменение силы света луча — ирисовая диафрагма;

3) изменение угловой ширины луча — рассеивающая рама, приспособление для дефокусировки лампы или разрезанный отражатель;

4) наводку луча прожектора в горизонтальной и вертикальной плоскостях по заданному направлению — это визирное приспособление и механизмы вращения прожектора с приводом.

Все эти механизмы могут приводиться в действие от руки, механическим ручным приводом или электрическим приводом. Если прожектор снабжён системой дистанционного электрического управления, то отдельно от прожектора имеется пост управления и некоторые другие приборы. Рассмотрим приспособления, предназначенные для управления лучом прожектора, которые монтируются на самом прожекторе.

Жалюзи. Для быстрого закрывания и открывания луча дугового прожектора, так же как и в прожекторе с лампой накаливания, применяются створчатые заслоны-жалюзи сегментного типа, о которых говорилось в параграфе 28 (см. рис. 72, 77 и 87). Дуговые прожекторы чаще имеют жалюзи секторные, как

у 90-*см* прожектора (см. рис. 86) и у прожекторов МПЭ-Э6,0-2 и МПЭ-Э9,0-2. Секторные жалюзи имеют некоторые преимущества перед сегментными, главным образом те же, которые были указаны в параграфе 9 применительно к секторным пластинам плоских защитных стёкол.

У прожекторов МПЭ-Э6,0-2 и МПЭ-Э9,0-2 жалюзи состоят из 14 секторных створок — пластин из листового алюминия. Каждая секторная створка широким концом опирается через цапфу на раму-оправу жалюзи, а узким концом опирается, также через цапфу, на малое кольцо, подвешенное в центре светового отверстия. Оси цапф створок расположены по радиусам светового отверстия. В средней части все секторные створки жалюзи через шарнирно-рычажное устройство соединены со средним лёгким подвижным кольцом. Поворот этого среднего кольца в одну сторону на некоторый угол вызывает одновременный поворот всех створок жалюзи, и они занимают такое положение, когда их плоскость перпендикулярна к плоскости светового отверстия, — луч открыт. Поворот среднего кольца в противоположном направлении вызывает одновременный поворот створок в другую сторону и они плотно перекрывают световое отверстие.

Среднее кольцо приводится в движение или от руки, нажатием на выведенный наружу рычаг, или дистанционно — при помощи электромагнита, действующего на тот же рычаг. При освобождении рычага жалюзи закрываются под действием пружины. Жалюзи обладают тем существенным недостатком, что даже при хорошем выполнении створки жалюзи в раскрытом состоянии экранируют значительную часть площади светового отверстия (до 10%), уменьшая тем силу света прожектора. После довольно непродолжительного срока эксплоатации перпендикулярность раскрытых створок жалюзи к плоскости светового отверстия нарушается, они становятся наклонно, увеличивая тем потери на экранирование. Устранить эту неисправность жалюзи непосредственно на корабле трудно, так как надо разбирать жалюзи и ставить новые детали шарнирных связей пластин. Поэтому заслуживают внимания приспособления для мгновенного гашения и зажигания дуги, рассмотренные в предыдущей главе.

Ирисовая диафрагма. Часто корабельные дуговые прожекторы имеют другой тип светонепроницаемого затвора — это диафрагма „Ирис"[1] — ирисовая диафрагма. Эта диафрагма не обеспечивает быстрого и одновременного закрытия всей площади светового отверстия, а может постепенно уменьшать её, сокращая радиус светового отверстия от полного открытия до полного закрытия его. Поэтому ирисовая диафрагма не может быть использована для сигнализации прерывистым лучом и имеет другое назначение. Она применяется для частичного перекры-

---

[1] Название произошло от некоторого сходства с цветком „ирис", имеющим веерообразно расположенные лепестки.

вания площади светового отверстия и уменьшения силы света при сигнализации, когда сигнал передаётся на меньшее расстояние, чем полная сигнальная дальность действия прожектора, и нужно, чтобы сигнал не был виден дальше и не мог быть перехвачен противником. Кроме того, ирисовая диафрагма может применяться, когда прожектором освещают объекты, находящиеся недалеко от места установки прожектора, и нужно, чтобы освещаемый объект и прожектор не были видны с больших расстояний. Наконец, ирисовая диафрагма в корабельных прожекторных установках может использоваться так, что при приближении к противнику её световое отверстие будет уменьшаться, и тогда угловые размеры и сила света прожектора будут казаться противнику неизменными, т. е. прожектор как бы не движется, а стоит на месте. При удалении от противника следует увеличивать отверстие диафрагмы.

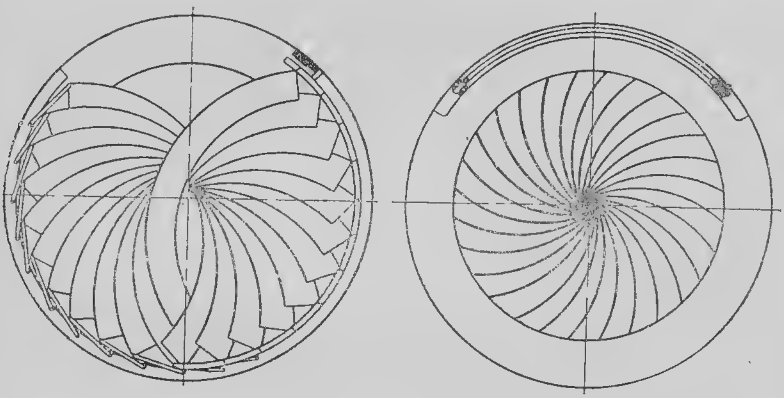


Рис. 121. Конструкция ирисовой диафрагмы

Устройство ирисовой диафрагмы поясняется рис. 121, где слева показана часть пластин диафрагмы в положении закрытия. Каждая пластина-секция одним концом шарнирно закреплена на раме-оправе, а другим — на подвижной дуге, скользящей в оправе. Поворот этой дуги (на рис. 121 она справа) против часовой стрелки обеспечивает такой поворот пластин, что они постепенно будут открываться, увеличивая центральное отверстие диафрагмы. Справа на рис. 121 показана диафрагма в закрытом положении.

Проектирование диафрагмы сводится к определению параметров пластин-секций, сгруппированных симметрично вокруг общего центра диафрагмы и являющихся шатунными передачами с поступательным движением. На рис. 122 показаны две секции диафрагмы и поясняется порядок проектирования её, применительно к условиям, встречающимся в практике. Пусть нам даны R — радиус полного открытия диафрагмы и r — радиус

малого отверстия диафрагмы. Для определения параметров пластин диафрагмы необходимо проделать следующее:

1. Находим радиус окружности, являющейся геометрическим местом средних точек пластин при закрытой диафрагме: $R_1 = OF = R - r$ — и строим эту окружность.

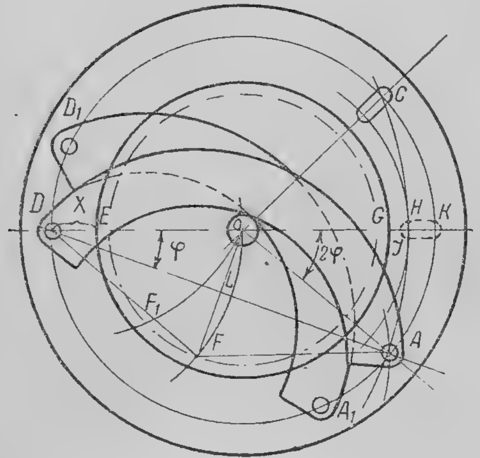


Рис. 122. К расчёту деталей ирисовой диафрагмы

2. Выбираем отрезок $DA = 2R + x + y$, где x — расстояние от точки вращения пластины до края большого отверстия, y — удаление цапфы вращения пластины от края большого отверстия, точка D — центр вращения пластины, A — точка положения цапфы пластины при закрытии. Определив расстояние DA, смотрим, каково будет удаление y. Если y мало, то x увеличиваем, а если велико, то уменьшаем. После выбора x и y проводим окружность радиуса $OD = R + x$ и дугу AC, где точка C — положение цапфы пластины после открытия.

3. Из точки D делаем засечку на окружности R_1 радиусом $R + x$ и получаем точку F — центр кривизны пластины. Окажется, что $DF = FA$. Соединяем точки D и A, D и F и F и A прямыми.

4. Строим одну пластину в положении закрытия. Её внутренний радиус $R_в = FO + r = R$; её наружный радиус $R_н$ берём больше $DF = R + x$ по конструктивным соображениям.

5. Следующая пластина может быть построена, если из точки F по окружности R_1 отложить отрезок, равный ширине пластины, т. е. $R_н - R_в$, и от полученной точки C нового центра новой пластины вновь отложить по окружности R_1 отрезок, равный $R + x$, — получим точку D_1 и точку A_1; этим положение концов второй пластины также определится. Из точки F_1 строим вторую пластину так же, как и первую, и т. д.

У прожекторов МПЭ-Э6,0-2 и МПЭ-Э9,0-2 ирисовая диафрагма состоит из сорока латунных пластин, которые одним концом шарнирно прикреплены к подвижному кольцу, а другим концом шарнирно присоединены к полосе, которая установлена на неподвижное кольцо. Подвижное кольцо приводится в движение от рукоятки, при помощи шестерни, находящейся в зацеплении с зубьями кольца. Управление ирисовой диафрагмой в этом случае только ручное.

Рассеивающие рамы. В параграфе 10 части I указывалось, что для изменения угловой ширины луча прожектора применяются рассеиватели — разрезанные на части параболические отражатели. Теперь можно ещё добавить, что прожекторы могут иметь специальное приспособление для дефокусировки лампы. Рассеивателями и разрезанными отражателями снабжают лишь некоторые корабельные прожекторы, приспособления же дефокусировки лампы имеют все дуговые прожекторы.

Конструктивная часть этих устройств достаточно проста и не требует дополнительного описания.

Визирные приспособления. В параграфе 28 указывалось, что все корабельные прожекторы, применяемые для сигнализации, снабжаются тем или иным визирным приспособлением для точной наводки луча по заданному направлению. Корабельные дуговые прожекторы также всегда снабжаются визирными приспособлениями. Чаще всего они имеют визирные приспособления в виде монокуляров, зрительных труб и специальных оптических визиров. На прожекторах типа МПЭ-Э6,0-2 и прожекторах МПЭ-Э9,0-2 обр. 1932 г. установлен монокуляр в виде трубы шестикратного призматического бинокля. У прожекторов МПЭ-Э9,0-2 обр. 1938 г. применён специальный пятикратный монокуляр, установленный на цапфе прожектора (рис. 123).

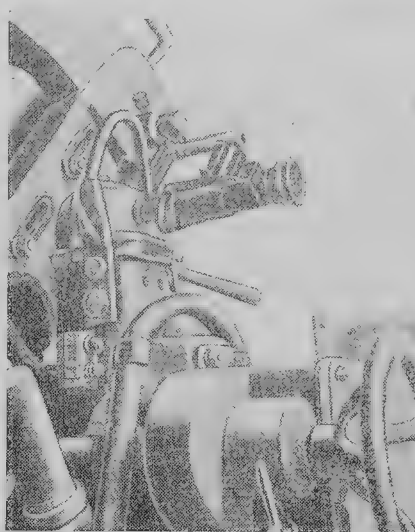


Рис. 123. Монокуляр обр. 1938 г., установленный на прожекторе МПЭ-Э9,0-2

Для надевания монокуляра необходимо освободить винт и надеть монокуляр на конец цапфы так, чтобы имеющаяся на втулке монокуляра риска совпала с риской на кольце цапфы. Эти риски наносятся на заводе, и правильным их совмещением обеспечивается совпадение оптической оси монокуляра с осью луча прожектора. Оптическая ось монокуляра должна быть строго параллельна оси луча прожектора.

Существует несколько приёмов проверки параллельности оси монокуляра с осью луча.

Во-первых, можно, наведя луч прожектора на отдалённый предмет (1,5—2 *км*), наблюдать в монокуляр; при этом перекрестие нитей монокуляра должно быть в центре светового пятна, создаваемого прожектором. Если этого не получается, следует изменить положение оси монокуляра, освободив его крепление, и, установив, закрепить в правильном положении.

Во-вторых, можно установить на расстоянии 15—30 *м* некоторый источник света и получить изображение его на обрезе положительного электрода в фокусе отражателя, для чего следует точно навести прожектор на этот источник света, затем, наблюдая в монокуляр, получить на его перекрестии изображение некоторого предмета, находящегося в стороне от источника света на таком расстоянии, на каком находится монокуляр от оси кожуха (рис. 124).

В-третьих, проверку параллельности оси монокуляра оптической оси луча производят одновременно с проверкой правильности установки лампы в фокусе. Для этого на расстоянии L (табл. 6) от прожектора устанавливается вертикальный экран, на котором белой краской нанесены концентрические окружности диаметром D с шириной полоски 1 *см*, а также нанесён кружок с перекрестием для установки визирного приспособления на расстоянии x от вертикальной оси и y от горизонтальной оси окружностей в правой верхней четверти щита. Диаметр кружка 1—1,5 *см* (см. рис. 124).

Таблица 6

Тип прожектора	L в *м*	D в *см*	x в *см*	y в *см*
МПЭ-Э9,0-2	19,3	116,0	77,4	6,0
МПЭ-Э6,0-2	14,5	78,8	21,2	36,6
МПЭ-Э6,0-3	14,5	78,8	21,2	36,6

Прожектор поворачивается плоскостью лиры в направлении экрана, и посредством тех или иных приспособлений ось вращения кожуха устанавливается горизонтально по уровню. Центр окружности экрана устанавливается на одной высоте с осью положительного угля.

Когда установится нормальный режим горения дуги, луч прожектора наводят на экран и передвигают лампу посредством приспособления для дефокусировки до тех пор, пока световое пятно не заполнит всего круга (соответствующего данному прожектору) на экране. Установленное таким способом положение лампы считается правильным её положением в фокусе. Это положение фиксируется риской на матовом стекле проекционного приспособления, которая проводится по обрезу изображения кратера анода. Одновременно устанавливается нуль вертикального лимба против указателя.

Для установки монокуляра или другого визирного приспособления параллельно оси луча прожектора его наводят на кружок с перекрестием посредством имеющихся у них для этого приспособлений. Монокуляр устанавливают так, чтобы его перекрестие

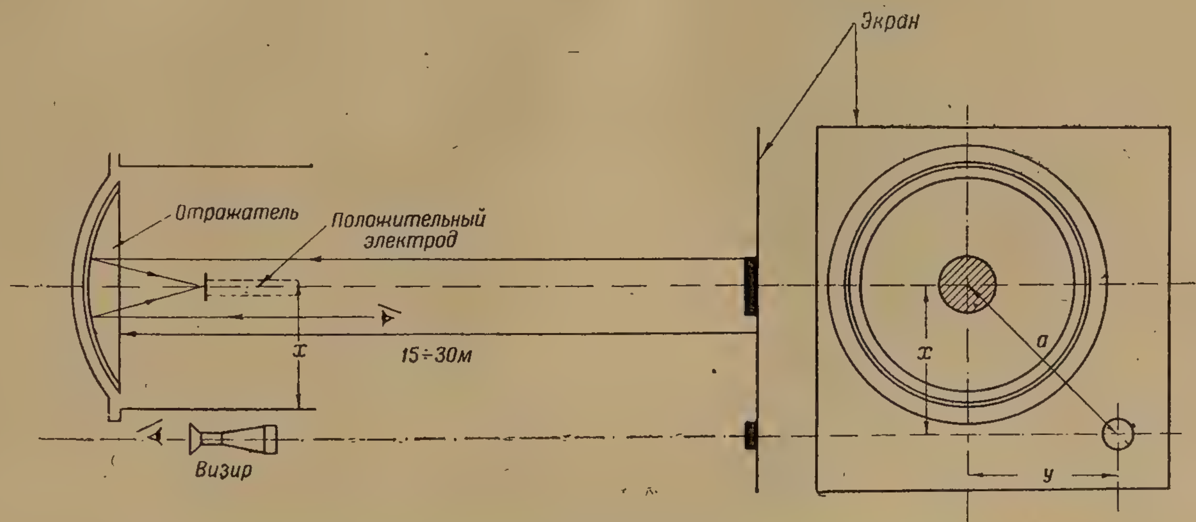


Рис. 124. Проверка правильности установки монокуляра и правильности установки лампы

совпало с перекрестием кружка на экране, затем устанавливают кольцо с риской по риске, нанесённой на втулке фланца монокуляра, и кольцо закрепляют двумя стопорными винтами.

Механические системы наводки. Для наводки в определённом направлении дуговые прожекторы имеют простейшие приспособления в виде штурвалов, сочленённых через зубчатые или червячные передачи с механизмами вращения прожектора в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Штурвалы вращают вручную, и прожектор наводится в заданном направлении. Такой способ наводки дуговых корабельных прожекторов в настоящее время применяется только в исключительных случаях, так как он обладает существенными недостатками, которые были указаны в параграфах 18 и 21. Штурвальное управление теперь применяется только как дублирующее средство на случай отказа дистанционного управления или как подсобный способ наводки прожектора при испытаниях.

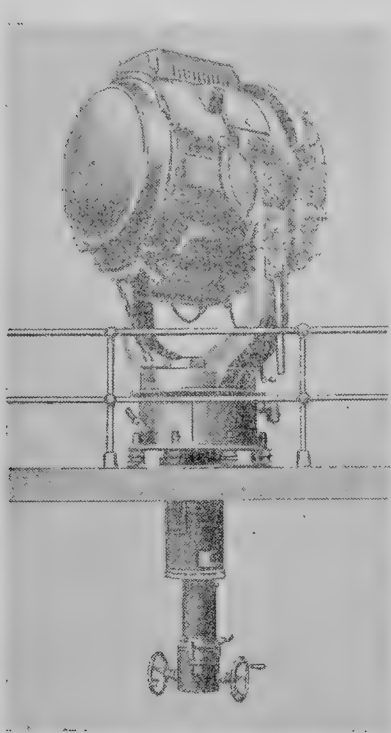


Рис. 125. Корабельный прожектор „Лоннекер“ с механической системой управления снизу

Желая удалить наблюдателя на некоторое расстояние от прожектора, а также желая предоставить возможность управлять лучом прожектора наблюдателю, находящемуся на определённом месте внизу или в стороне от прожектора, иногда дуговые корабельные прожекторы снабжают механическими дистанционными системами управления. Например, корабельные дуговые прожекторы „Лоннекер“ имеют механические системы управления лучом следующих типов.

Во-первых, прожектор может наводиться снизу от штурвалов, расположенных на колонке, находящейся непосредственно под прожектором (рис. 125).

Во-вторых, колонка может быть расположена также внизу под прожектором, но отнесена от него в сторону, и механизмы вращения прожектора соединены с штурвалами колонки через карданные валы с зубчатыми передачами.

В-третьих, колонка может быть выполнена в виде особого поста управления и отнесена от прожектора в сторону или вниз и в сторону и установлена отдельно от него. На рис. 126 представлен 75-*см* французский корабельный прожектор, у которого

пост механической системы дистанционного управления отнесён в сторону.

Все механические системы дистанционного управления прожекторами, конечно, не могут удовлетворять главным требованиям, предъявляемым к приборам наводки. Удаление поста здесь не может быть значительным, в механических передачах неизбежны люфты, большие сопротивления в передачах требуют больших усилий от наводчика, и поэтому такие системы управления применяются редко и только в тех случаях, когда стремятся прожекторное устройство максимально упростить или облегчить всю установку.

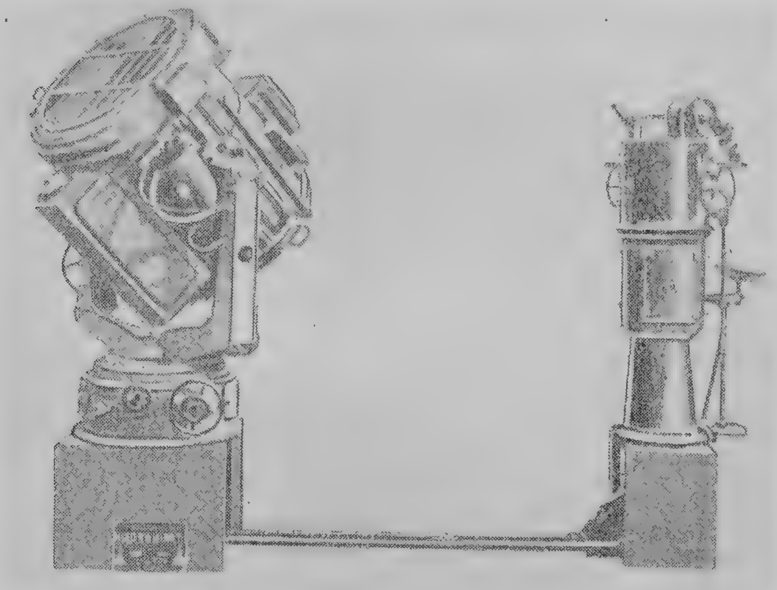


Рис. 126. 75-*см* французский корабельный прожектор с механической системой управления

Наиболее широко применяются системы дистанционного электрического управления, позволяющие легко наводить прожектор с любой скоростью, относить пост управления от прожектора на значительное расстояние и управлять не только наводкой прожектора, но и открыванием и закрыванием луча, силой света прожектора и угловой шириной луча. Эти системы управления позволяют управлять прожектором с нескольких постов и наводить синхронно с прожектором бинокль, а также наводить сам прожектор синхронно с любыми другими приборами и аппаратами.

38. Система дистанционного электрического управления прожектором (типа ППРМП)

Описание принципиальной схемы. Примерно с 1936 г. прожекторы типа МПЭ-Э6,0-2 и МПЭ-Э9,0-2 снабжаются системой дистанционного электрического управления, которая обеспечивает плавное изменение скорости перемещения луча прожектора в пространстве.

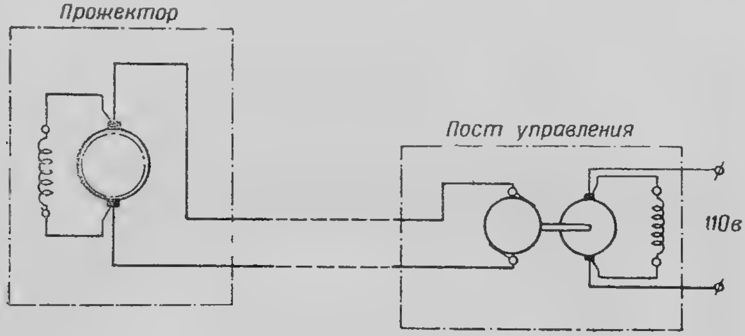


Рис. 127. Принципиальная схема системы управления ППРМП (плавная наводка)

Принципиальная схема этой системы управления представлена на рис. 127; действие её заключается в следующем. Механизмы вращения прожектора приводятся в действие двумя шунтовыми электродвигателями постоянного тока. Оба электродвигателя получают питание от поста управления, где они подключены к подвижным щёткам двух электродвигателей типа МП 78/35 с удлинённым коллектором и с двумя парами щёток.

Одна пара щёток неподвижная и имеет то же назначение, что и у нормальных шунтовых моторов, — питание якоря. Вторая пара, подвижная, укреплена на специальной подвижной траверзе. Эта пара щёток размещена в щите мотора и расположена под углом 90° к оси неподвижных щёток мотора. Если при таком положении этой пары щёток (на нейтрали) заставить мотор вращаться, то никакого напряжения на подвижных щётках не будет, так как они находятся на коллекторе на одинаковых расстояниях от неподвижных щёток. Если подвижные щётки повернуть на некоторый угол из этого нейтрального положения, то на них тотчас появится разность напряжения, так как одна щётка приблизится к неподвижной щётке «+», а вторая на такой же угол к щётке «—» мотора. Разность напряжений будет пропорциональна углу поворота щёток относительно нейтрали. Если соединить проводами подвижные щётки с якорем электродвигателя, то, в зависимости от положения подвижных щёток управления, получится соответствующее вращение вала мотора прожектора.

Например:

1. Если щётки управления находятся на нейтрали (под углом 90° к неподвижным щёткам), т. е. посредине между непод-

вижными щётками, то присоединённый к ним якорь мотора будет оставаться неподвижным.

2. Если перемещать щётки управления в какую-либо сторону, то присоединённый к щёткам якорь мотора прожектора начнёт вращаться, и с тем большей скоростью, чем на больший угол повёрнуты щётки от нейтрали. Изменение скорости будет плавное, без всяких скачков.

3. Если поставить щётки управления против неподвижных щёток мотора, то скорость вращения вала мотора прожектора будет максимальной. Когда мотор управления включается на напряжение 110 *в*, то на щётках управления будет около 105 *в*.

4. Если щётки управления после этого поворачивать в обратную сторону, то скорость вращения якоря будет плавно уменьшаться, и когда щётки станут на нейтрали, якорь мотора остановится, т. е. вращение прожектора прекратится.

5. Если продолжать проворачивать щётки в эту же сторону дальше, т. е. отходить от нейтрали в другую сторону, то якорь мотора прожектора начнёт опять вращаться, но в обратную сторону, так как полярность щёток управления изменилась и, следовательно, изменится направление вращения прожектора. Плавность изменения скорости вращения и максимальное её значение будут те же, что и раньше.

Система управления должна обеспечить наибольшую скорость вращения прожектора в любом положении не менее 800° в минуту с допуском 10%, а наименьшая скорость вращения должна быть не более 15° в минуту.

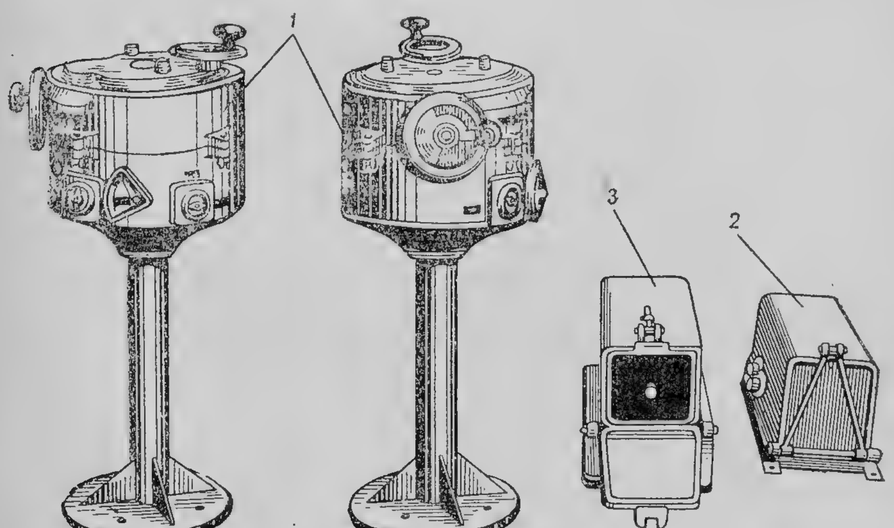


Рис. 128. Комплект приборов поста управления типа ППРМП:
1 — посты управления; *2* — двенадцатиполюсный переключатель; *3* — контактор

Комплект приборов системы управления типа ППРМП показан на рис. 128. Он состоит из двух стационарных постов управления, двенадцатиполюсного переключателя, автоматического выключателя дуги и двух добавочных сопротивлений на случай питания приборов от сети постоянного тока с напряжением 220 *в*. Оба стационарных поста совершенно одинаковы и имеют следующее устройство. На стойке из стальной трубы с чугунным основанием, предназначенным для крепления поста к палубе корабля, установлен корпус поста, представляющий собой литую цилиндрическую коробку из алюминиевого сплава. На крышке коробки расположен штурвал *1* (рис. 129) управления горизонтальным вращением прожектора и две кнопки *2*, нажимая которые при малых скоростях вращения прожектора мы получаем наводку толчками (пунктирную наводку). На боковой стенке коробки размещены: штурвал *3* управления вертикальным вращением прожектора, выключатель *4* поста управления, педальный ключ *5* управления жалюзи и выключатель *6* дуги.

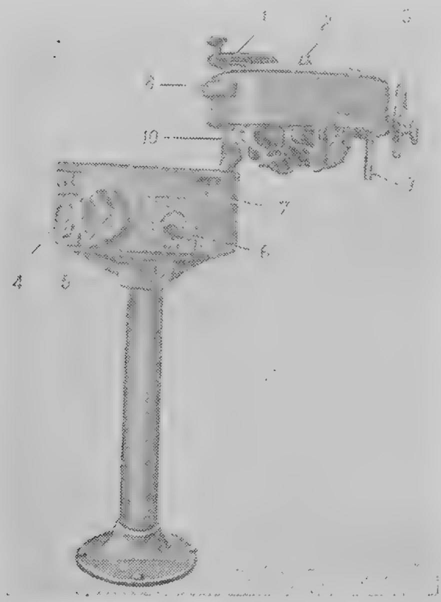


Рис. 129. Пост управления плавной наводки:

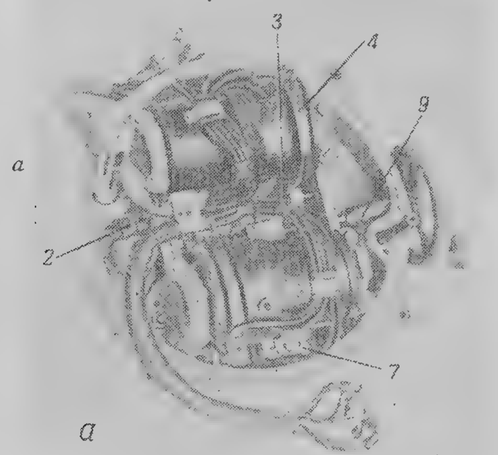
1 — штурвал горизонтальной наводки; *2* — кнопка пунктирной наводки; *3* — штурвал вертикальной наводки; *4* — выключатель поста; *5* — педальный ключ управления жалюзи; *6* — выключатель дуги; *7* — барашковые гайки; *8* — рукоятка; *9* — штырь; *10* — штырь поворотный

Для обеспечения доступа внутрь для осмотра, ремонта и т. п. корпус поста изготовляется из двух разъёмных частей, скрепляемых четырьмя серьгами с барашковыми гайками. Освободив барашковые гайки и серьги, надо поднимать верхнюю часть поста, пользуясь прилитыми к ней рукоятками *8*, до тех пор, пока штырь *9* не выйдет из своего гнезда в нижней части поста. После этого верхнюю часть следует повернуть вокруг штыря *10* по часовой стрелке и оставить в таком положении.

Внутри поста, в нижней его части, размещены: распределительная панель, три конденсатора ёмкостью по 2 *мкф*, два предохранителя в цепи питания моторов и педальный ключ жалюзи. В верхней части поста (рис. 130) размещены два мотора поста управления со всеми механизмами, их обслуживающими.

Устройство механизмов привода подвижных щёток моторов поста управления следующее. Маховичок управления мотором

горизонтального вращения надет на валик *1* так, что имеющийся на валике штифт заходит в прорези втулки маховичка. Для предотвращения самопроизвольного снятия маховичка он привёрнут к торцу валика винтом. На этом валике закреплена



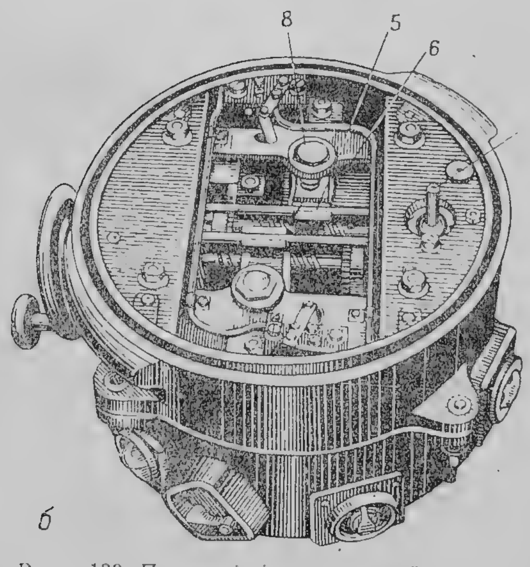


Рис. 130. Пост управления плавной наводки:
а — верхняя крышка: *2* — спиральная шестерня; *3* — валик; *4* — траверза; *7* — рычаг; *9* — винтовой валик. *б* — нижняя часть: *1* — валик; *5* — гайка; *6* — пружина; *8* — гайка; *9* — винтовой валик

спиральная шестерня, сцеплённая с другой спиральной шестернёй, закреплённой на валике *3*. На другом конце этого валика имеется цилиндрическая шестерня, сцеплённая с зубчатым венцом диска-траверзы *4*, несущего на себе подвижные щётки. Для обеспечения установки подвижных щёток на нейтрали при освобождённом маховичке предусмотрено следующее устройство. Валик *3* в средней части имеет винтовую нарезку трапецоидального профиля, на которую надета гайка *5*. Эта гайка устанавливается в определённом положении при помощи пружины *6*. Вращая маховичок, мы заставляем гайку *5*, не могущую вращаться благодаря направляющему стержню, перемещаться вдоль винта, заводить пружину. Как только маховичок отпущен, пружина стремится возвратиться в первоначальное положение, и гайка, перемещаясь по валику, вращает его и поворачивает щётки в исходное положение. Для точной установки пружины в положение, соответствующее положению щёток на нейтрали, служит рычаг *7*, вращающийся вокруг оси и закреплённый болтом, проходящим сквозь продольную прорезь рычага. При освобождении болта рычаг может быть смещён в ту или другую сторону, и тем будет изменено исходное положение гайки *5*. После установки болт закрепляется. Привод подвижных щёток мотора вертикального вращения устроен так же, как и у мотора горизонтального вращения, с той лишь разницей, что отсутствует пара спиральных шестерён, так как маховичок закреплён непосредственно на винтовом валике *9*.

Педальный переключатель жалюзи устроен так, что от педали, имеющейся на внешней стороне нижней части поста, через приводной валик рычажок может устанавливаться в два взаимно перпендикулярных положения. При положении педали, соответствующем обозначению „Сигнализация", нижний контакт рычажка не касается контакта, закреплённого на корпусе ключа. Для того чтобы эти контакты были замкнуты, необходимо нажать на педаль; как только педаль будет отпущена, пружина вновь разомкнёт контакт. Если же перевести педаль в положение „Жалюзи открыты", то верхний контакт рычажка придёт в соприкосновение с другим контактом, также установленным на корпусе ключа, причём размыкание этих контактов может быть достигнуто только обратным переводом педальки в положение „Сигнализация".

Двенадцатиполюсный переключатель служит для переключения управления от переносного или стационарного постов. Управление переключателем осуществляется посредством рукоятки, доступ к которой возможен при открытой крышке коробки переключателя.

Автоматический выключатель дуги помещён в такую же коробку, как и двенадцатиполюсный переключатель. Он состоит из электромагнита *1* (рис. 131), якорем которого служит рычаг; на конце этого рычага шарнирно закреплён контакт *3*, устанавливаемый в определённое положение пружиной *5*. При включении

электромагнита последний, преодолевая силу пружины, притягивает якорь, и контакт *3* приходит в соприкосновение с контактом *4*, закреплённым на стойке *6*, причём благодаря закруглённой форме поверхностей контактов и наличию пружины контактные поверхности обкатываются одна по другой. При выключении электромагнита якорь отрывается, и контакты размыкаются. Наличие пружины обеспечивает разрыв между контактами на их концах, благодаря чему, несмотря на значительную величину разрываемого тока, контакты почти не обгорают. В случае отказа в работе электромагнита выключатель может быть замкнут при помощи винта *8*. Разрыв тока отвёртыванием винта в этом случае недопустим и должен производиться рубильником, имеющимся на прожекторе.

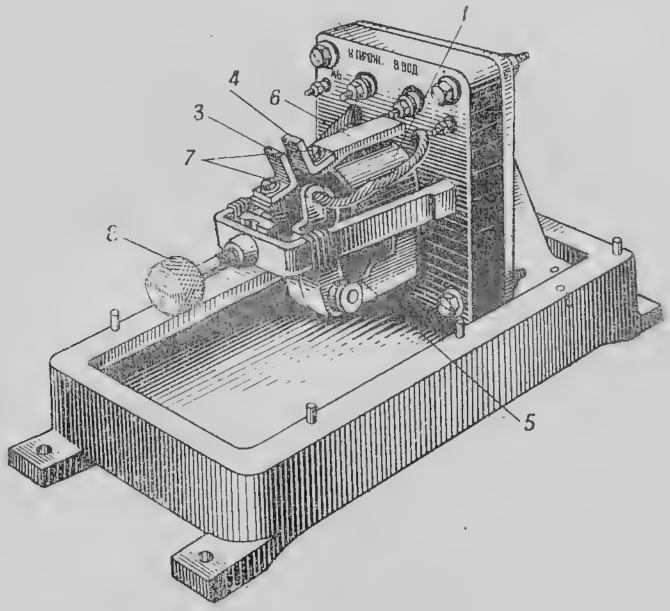


Рис. 131. Автоматический выключатель дуги (без крышки):
1 — катушка электромагнита; *3* и *4* — контакты; *5* — пружина; *6* — стойка; *7* — гайка с головкой; *8* — винт с рифлёной головкой

В заключение следует заметить, что эта система управления лучом прожектора достаточно совершенна, она работает вполне надёжно, колебания напряжения питающей сети от +5 до —10% от номинального не нарушают правильного действия приборов. Обеспечивается возможность быстрого наведения луча на цель и плавного перемещения его при сопровождении цели.

Но всё же эта система не отвечает всем требованиям по следующим причинам.

Во-первых, пост управления не имеет устройств, которые позволяли бы фиксировать угловое положение оси луча в каждый данный момент.

Во-вторых, не имеется возможности сместить луч на заданный угловой интервал или точно и резко ограничить взмах прожекторным лучом.

В-третьих, на посту управления не имеется ночного бинокля, движущегося синхронно с лучом прожектора, предназначенного для улучшения условий видимости цели.

Наконец, не предусмотрена возможность наводить луч прожектора по данным других приборов-искателей.

39. Приборы прожекторного целеуказания и обратного контроля

Общие положения. Описанные выше простые системы управления корабельными прожекторами не отвечают всем требованиям, предъявляемым условиями боевой обстановки. Поэтому в большинстве случаев корабельные прожекторы действуют совместно с дополнительными устройствами: приборами целеуказания, системами обратного контроля, и соединяются с постами управления, на которых смонтирован бинокль, движущийся синхронно с прожектором.

Приборы целеуказания позволяют более надёжно наводить прожектор на цель до открытия луча и тем самым добиться внезапного освещения противника. Такими приборами могут быть специальные приборы—искатели цели, бинокли, установленные на постах ночного наблюдения, и центральный пост управления, по данным которого желательно навести прожектор.

Приборы обратного контроля позволяют контролировать положение оси луча в каждый данный момент, перемещать луч на заданный угловой интервал и наводить прожектор синхронно с другим прибором. Рассмотрим некоторые системы управления, имеющие приборы целеуказания и обратного контроля.

Корабельный 90-*см* прожектор типа МПЭ-Э9,0-2 снабжается двумя сельсинами-датчиками[1] обратного контроля, которые являются однофазными асинхронными электродвигателями, соединёнными с такими же электродвигателями-приёмниками. Благодаря такому устройству синхронно с поворотом прожектора на некотором расстоянии от него повернётся шкала, по которой можно будет прочесть угол поворота прожектора. Принципиально эта система индикаторной синхронной передачи действует следующим образом.

Оба электродвигателя (дающий и принимающий) имеют одну пару явно выраженных полюсов с однофазной обмоткой. Ротор мотора имеет 12 зубьев и несёт трёхфазную обмотку, соединённую в звезду, с концами, выведенными на контактные коль-

---

[1] Сельсин – сокращённые английские слова самосинхронизирующийся мотор.

ца ротора. Соответствующие фазы роторов дающего и принимающего моторов соединены между собой проводниками *1*, *2* и *3* (рис. 132), а обмотки возбуждения включены параллельно в одну цепь однофазного переменного тока. При включении этих моторов роторы их займут вполне определённые и одинаковые положения по отношению к обмоткам статоров; это обусловлено стремлением к равновесию электродвижущих сил, возникающих в обмотках роторов под действием пульсирующих потоков возбуждения. При идентичности дающего и принимающего моторов в электрическом отношении и при одинаковом положении их роторов по отношению к обмоткам возбуждения э. д. с. в цепи роторов будут равной величины. В проводниках *1*, *2* и *3* эти э. д. с. будут создавать токи, направленные навстречу и равные по величине; они взаимно компенсируются, и никакого тока не будет. Отсутствие токов в роторной цепи обусловит состояние равновесия системы. Иное положение наступит, если ротор дающего внешними усилиями будет повёрнут на некоторый угол. В этом случае индуктированные э. д. с. в роторах дающего и принимающего будут отличаться по фазе, что вызывает уравнительный ток в проводниках цепи роторов. Этот уравнительный ток создаёт магнитный поток реакции якоря (в данном случае ротора) в обоих моторах. Взаимодействие потока реакции ротора с потоком возбуждения будет стремиться повернуть какой-либо ротор до исчезновения магнитного потока реакции. А так как ротор дающего заторможен внешним усилием и повернуться не может, то должен повернуться ротор принимающего. В результате взаимодействия потока реакции ротора принимающего с магнитным потоком возбуждения статора появится момент вращения, который и будет поворачивать ротор принимающего в сторону дающего на такой же угол, на какой был повёрнут ротор дающего. Чем больше угол между обоими роторами, тем больше момент вращения принимающего мотора.

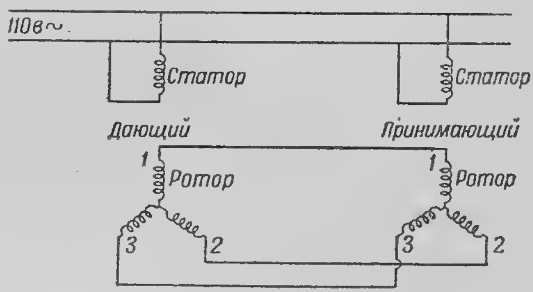


Рис. 132. Схема включения сельсинов обратного контроля

Если снова повернуть ротор дающего, то ротор принимающего опять повернётся, следуя таким образом синхронно, т. е. в полном соответствии, с ротором дающего. При плавном и непрерывном вращении ротора дающего синхронно с ним будет вращаться и ротор принимающего.

Число оборотов электродвигателей системы синхронной передачи на переменном токе практически будет очень большим, но

при условии плавного нарастания скорости вращения. При резких рывках ротора дающего ротор принимающего может попасть в асинхронный ход (в отличие от синхронного), при котором он будет скользить с отставанием от ротора дающего, и синхронность будет нарушена.

Точность синхронной передачи определяется точностью хода принимающего мотора, который должен поворачивать шкалу. Моторы работают с незначительным моментом вращения. Если представить себе, что на прожекторе МПЭ-Э9,0-2 имеются два таких дающих электродвигателя, роторы которых механически связаны с осями вращения прожектора и поворачиваются на углы, равные углам поворота прожектора, то два принимающих электродвигателя, находящиеся около поста управления прожектором, будут при повороте своих роторов вращать шкалы, по которым можно прочесть углы поворота прожектора. Наконец, если по соседству со шкалами углов поворота прожектора иметь шкалы углов наводки прибора целеуказания, то, сравнивая эти углы с учётом поправки на параллакс расстояния, можно навести прожектор от поста управления точно по заданному направлению. Прожекторы типа МПЭ-Э9,0-2, снабжённые датчиками обратного контроля, должны иметь механизмы привода этих датчиков и контактные кольца для питания датчиков переменным током и соединения их роторов с роторами принимающих.

Кинематическая схема механизмов привода датчиков обратного контроля прожектора МПЭ-Э9,0-2 обр. 1938 г. приведена на рис. 89, а обр. 1932 г. на рис. 94.

У прожектора обр. 1938 г. (см. рис. 89) механизм обратного контроля вертикального вращения имеет следующее устройство. К концу левой цапфы кожуха присоединены кривошипы. На этих кривошипах, на шарикоподшипниках, установлены валики. На одном конце каждого валика закреплены шестерни, входящие в зацепление с шестернёй, имеющей внутренние зубья. Таким образом, при вращении кожуха на цапфах внутренние шестерни катятся по наружной, вращая валики. На другом конце каждого валика закреплены шестерни, вращающие шестерёнку, сидящую на валике ротора дающего мотора обратного контроля. Наличие двух кривошипов и, следовательно, двух систем шестерён обеспечивает уменьшение люфта (свободного хода) последних, что очень важно для точности показаний приборов обратного контроля. Передаточное число обоих механизмов привода датчиков обратного контроля в этом случае равно 36.

Устройство механизма привода датчика обратного контроля горизонтального вращения легко понять, рассматривая схему на рис. 89, внизу справа.

У прожектора МПЭ-Э9,0-2 обр. 1932 г. (см. рис. 94) механизмы привода датчиков обратного контроля имеют более простое устройство, причём некоторые особенности имеет привод датчика вертикальной наводки. Здесь на левой цапфе кожуха двумя болтами закреплена бронзовая шестерня *9*, сцеплённая

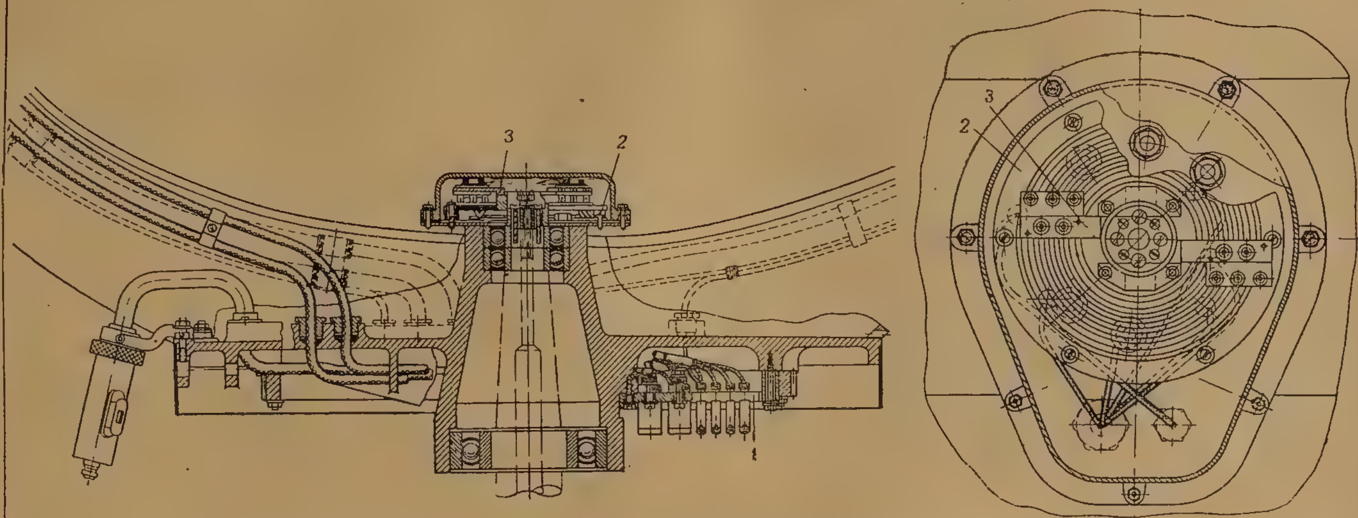


Рис. 133. Разрез центрального узла прожектора МПЭ-Э9,0-2 обр. 1936 г. и контактные кольца обратного контроля: *1* — панель с контактными щётками; *2* — текстолитовый диск с контактными кольцами обратного контроля; *3* — панель с контактными щётками

с малой шестернёй *10*. Эта последняя вращается вместе с шестернёй *11* на эксцентричном валике *12*. Последний позволяет регулировать сцепление между шестернями *9* и *10*, обеспечивая получение минимального свободного хода шестерён. Шестерня *11*, в свою очередь, сцеплена с шестернёй *13*, установленной на валике датчика. Общее передаточное число механизмов привода датчиков в этом случае равно 40.

Механизм обратного контроля вертикального вращения помещён в литую алюминиевую коробку, на крышке которой крепится болтами дающий сельсин.

Механизм обратного контроля горизонтального вращения у прожекторов обр. 1932 г. устроен так, что датчик устанавливается между стойками воротообразной отливки. Механизм обратного контроля обр. 1938 г. устроен так, что датчик устанавливается на специальных бобышках вне тумбы. Контактные кольца механизма обратного контроля служат для передачи тока от неподвижной тумбы к установленному на вращающемся поворотном столе датчику обратного контроля вертикального вращения и к электромагниту жалюзи.

В прожекторах обр. 1936 г. устанавливаются шесть контактных колец, как показано на рис. 133.

В прожекторах всех выпусков контактные кольца прикреплены к текстолитовому диску. Этот диск в прожекторах конструкции 1932 г. и 1938 г. при помощи стальной втулки крепится к торцу штыря. При вращении поворотного стола диск остаётся неподвижным. Под этим диском на изоляционных колодках установлены контактные щётки. В прожекторе конструкции 1936 г. текстолитовый диск на втулках установлен на поворотном столе, причём контактные кольца обращены вверх. На траверзе, закреплённой на торце штыря, установлены колодки с контактными щётками.

У всех трёх прожекторов основание коробки контактных колец служит одновременно шайбой, зажимающей внешнюю обойму шарикоподшипников, на которых вращается поворотный стол. Втулка, крепящаяся к торцу штыря, зажимает внутреннюю обойму этих шарикоподшипников.

В приложении 6 приводятся основные данные стандартных электродвигателей постоянного тока и сельсинов, применяемых для электропривода различных механизмов корабельных прожекторов.

Корабельные 90-*см* прожекторы типа „Галилео“ имеют следующие приборы управления. На рис. 134 приведена общая схема включения приборов, расположенных на одном борту корабля. Здесь имеется специальный пост ночного наблюдения, снабжённый светосильным биноклем и четырьмя сельсинами-датчиками. Два из них служат для грубой и точной передач угла наводки бинокля по вертикали и два для передач угла наводки по горизонтали.

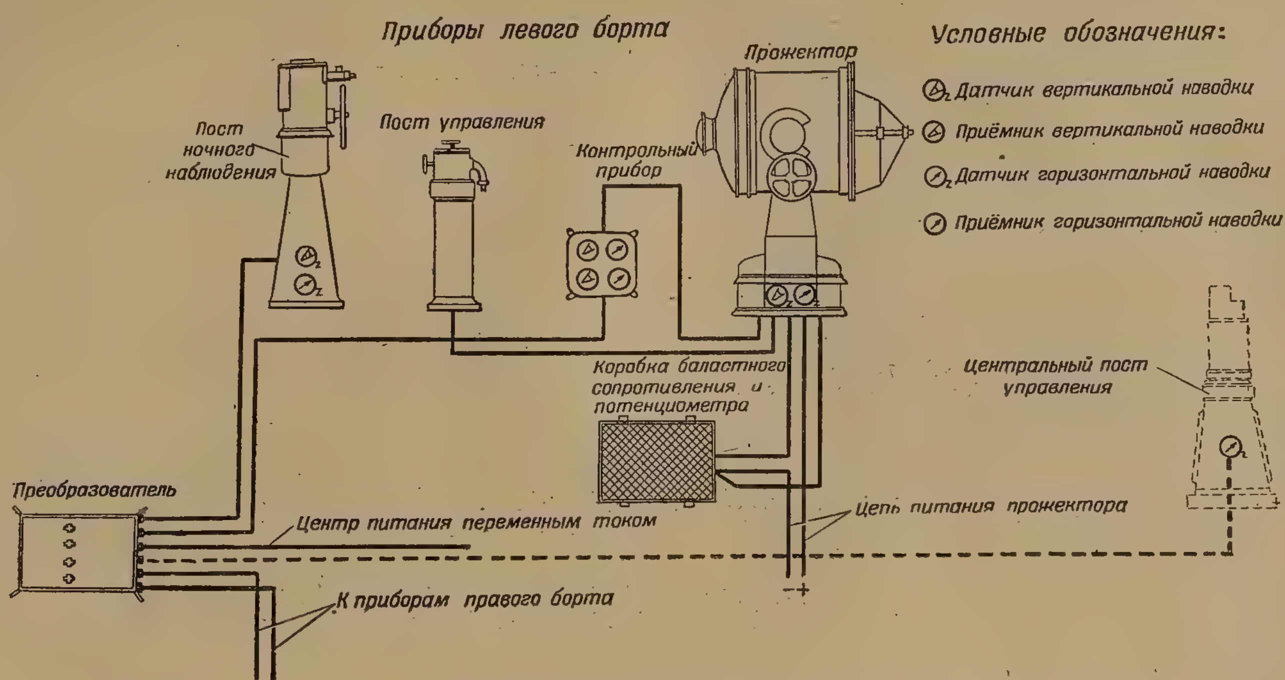


Рис. 134. Общая схема включения приборов управления корабельными прожекторами „Галилео"

Справа на рисунке пунктиром обозначен центральный пост управления, от которого также можно передавать угловые величины для наводки прожекторов.

Принципиальная кинематическая схема поста ночного наблюдения приведена на рис. 135. Угловые величины от поста ночного наблюдения через распределительную панель, установлен-

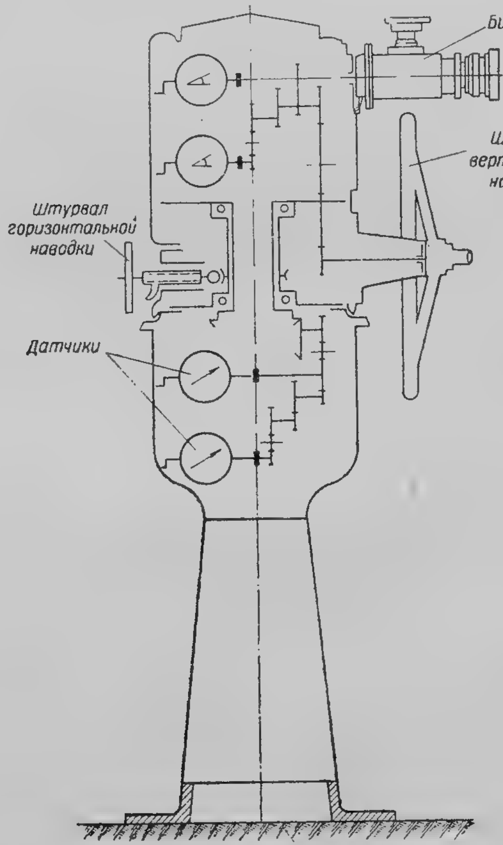


Рис. 135. Кинематическая схема поста ночного наблюдения „Галилео"

ную вместе с преобразователем, поступают на контрольный прибор, где имеются четыре сельсина-приёмника. На этот же контрольный прибор поступают угловые величины, характеризующие угловое положение прожектора в данный момент, так как два другие сельсина контрольного прибора являются принимающими от дающих сельсинов, установленных на прожекторе.

Прожектор наводится на цель при помощи поста управления, схема которого приведена на рис. 136. Пост управления в этом случае имеет два коммутатора K_1 и K_2, предназначенные для

регулирования скорости вращения двух электродвигателей наводки прожектора. Рассмотрим устройство и работу одного из коммутаторов, так как они оба совершенно одинаковы.

Коммутатор K_1 слева имеет 14 рабочих клемм, присоединённых к секциям потенциометра, а справа пластину *1*, присоединённую к минусовому зажиму потенциометра. К двум центральным пластинам, из которых каждая является сплошным полукольцом, присоединён через кабель, соединяющий пост управления с прожектором, один из электродвигателей наводки прожектора. По левым разобщённым клеммам и контактным пластинам скользят четыре щётки, движущиеся при вращении штурвала на посту управления. Когда наружные щётки движка

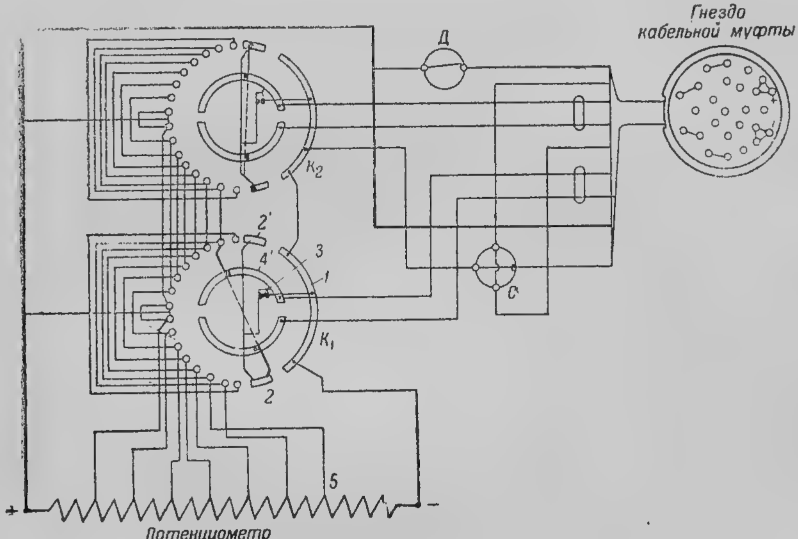


Рис. 136. Принципиальная схема контроллерного поста управления прожектора „Галилео"

стоят на пластинах, якорь электродвигателя замкнут накоротко, и электродвигатель стоит. Когда движок повёрнут на некоторый угол, как показано на рисунке, против часовой стрелки, якорь электродвигателя будет включён на некоторое напряжение, снимаемое с потенциометра следующим образом. От отрицательного зажима потенциометра цепь будет замкнута через пластину *1*, контакт *3*, проводник, соединяющий пластины *2—2'*, пластину *2*, нижнюю пару щёток, пластину *4* и кабель между постом и прожектором. Кроме того, цепь замыкается от точки *5* потенциометра через провод, соединяющий разобщённые клеммы, через верхнюю пару щёток, на пластину *4'* к другому проводу, соединяющему коммутатор с якорем электродвигателя.

Особенностью устройства этого коммутатора является приспособление для остановки электродвигателя без возвращения движ-

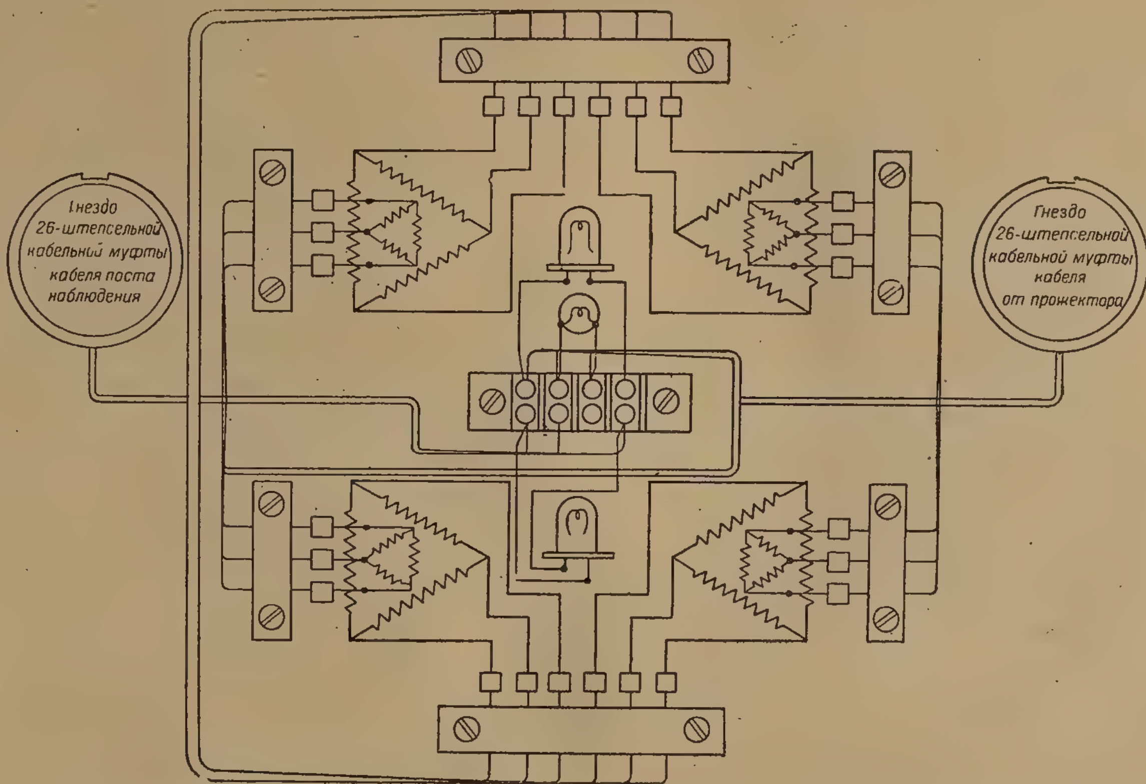


Рис. 137. Схема включения сельсинов контрольного прибора системы управления „Галилео“

ка в исходное положение и возможность выполнения „пунктирной наводки“. Если при положении движка, указанном на коммутаторе K_1, нажатием на кнопку разомкнуть контакты *3*, то цепь питания электродвигателя оборвётся, и он остановится. Следует заметить, что „пунктирную наводку“ можно производить только при малых оборотах электродвигателя, так как при дальнейшем поворачивании движка нижние щётки сойдут с пластины *2* на пластину *1*, и питание электродвигателя будет происходить помимо контакта *3*.

Пост управления имеет выключатель *Д* для дистанционного включения дуговой лампы и ключ *С* для управления приводом жалюзи.

Конструктивно пост представляет собой полую цилиндрическую тумбу, где размещены оба коммутатора; потенциометр находится в особой коробке.

Таким образом, контрольный прибор позволяет сравнивать углы наводки прожектора с углами, переданными с поста ночного наблюдения, и наводить прожектор в направлении, заданном с этого поста.

Электрическая схема включения принимающих сельсинов контрольного прибора представлена на рис. 137. Из схемы видно, что в данном случае применяются сельсины с трёхфазными обмотками возбуждения, причём и роторные и статорные обмотки соединены в треугольник. Принципиальная особенность работы этих сельсинов заключается в том, что здесь статор даёт не пульсирующие потоки возбуждения, а вращающееся магнитное поле. Но так как приёмник и датчик идентичны, то вращающиеся потоки равны, поэтому токи во вторичных обмотках при условиях равновесия также равны и противоположно направлены [1].

На рис. 138 представлена принципиальная схема системы управления с обратным контролем на однофазных сельсинах, принятая в немецких корабельных прожекторах.

На рис. 139 представлена принципиальная схема системы управления корабельным прожектором „Лоннекер“ от поста управления, снабжённого биноклем. В этом случае перемещения оптической оси бинокля и луча прожектора взаимно согласованы и происходят с одинаковой скоростью. Устройство системы управления здесь сводится к следующему. На прожекторе имеются два шунтовых электродвигателя горизонтального наведения *HM* и вертикального наведения *VM*. Якоря этих электродвигателей связаны с траверзами, на которых под углом в 120° сидят по три щётки. Эти щётки вращаются электродвигателями в ту или иную сторону и скользят по коллектору, к пластинкам которого присоединены секции кольцевого реостата, питаемого

---

[1] Более полные сведения о сельсинах имеются в книгах: Д. В. Васильев, Электрические машины в схемах синхронной связи, ОНТИ НКТП, 1935 г.; Г. И. Штурман, Индукционные машины в системах электрических валов, ГОНТИ НКТП, 1938 г.

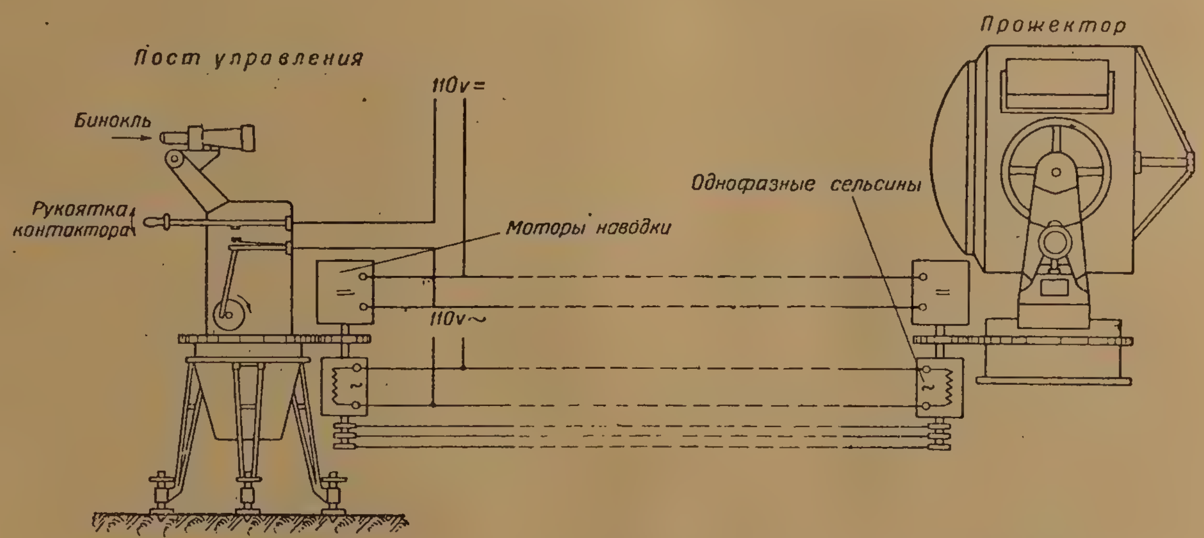


Рис. 138. Принципиальная схема системы управления немецкими корабельными прожекторами

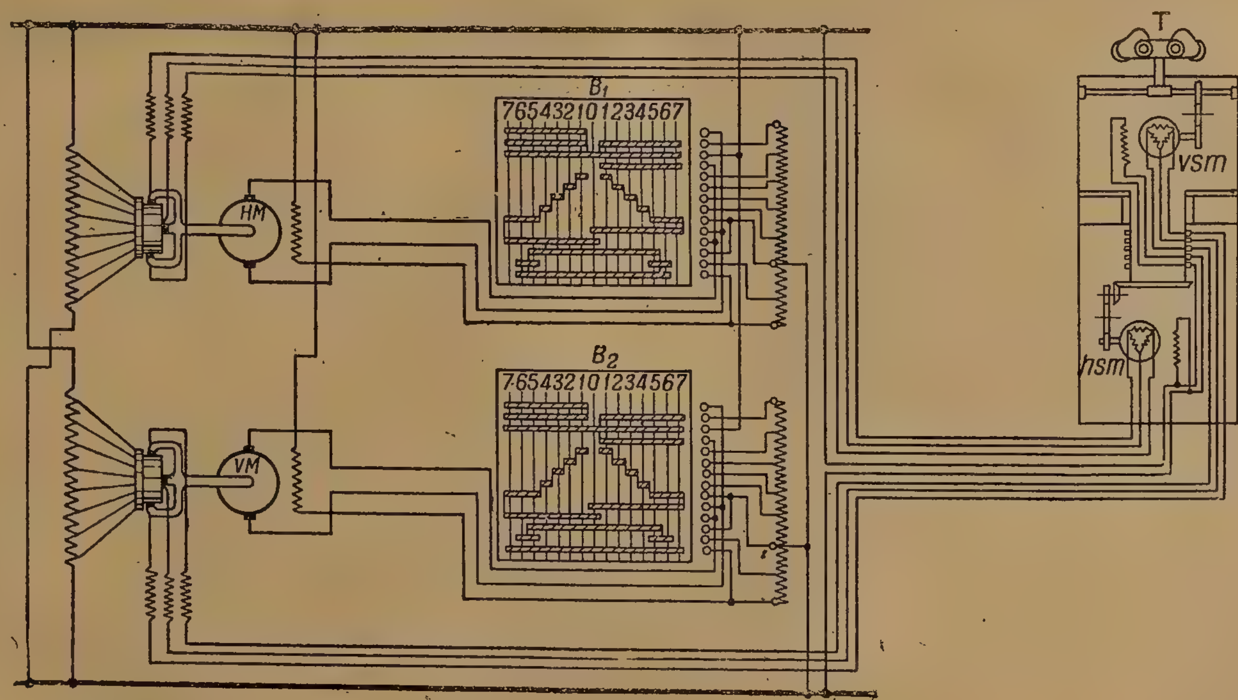


Рис. 139. Принципиальная схема системы управления корабельными прожекторами „Лоннекер“

от общей сети. Щётки при вращении сохраняют неизменное положение и снимают с пластин коллектора напряжение так, что в проводниках, соединяющих щётки с трёхфазной обмоткой якорей синхронных электродвигателей *hsm* и *vsm*, на посту управления индуктируется ступенчатая э. д. с. Следовательно, питание якорей синхронных электродвигателей происходит пульсирующим током, частота которого зависит от скорости вращения щёток по коллекторам. Каждому обороту щёток отвечает один оборот якоря синхронного электродвигателя. При вращении штурвала на посту управления через систему зубчатых передач задаётся определённый угол подъёма оси бинокля, а через другую зубчатую передачу поворачивается барабан контроллера B_2. В результате поворота этого барабана электродвигатель *VM* получает напряжение и начинает вращаться с определённой скоростью, перемещая луч прожектора в вертикальной плоскости.

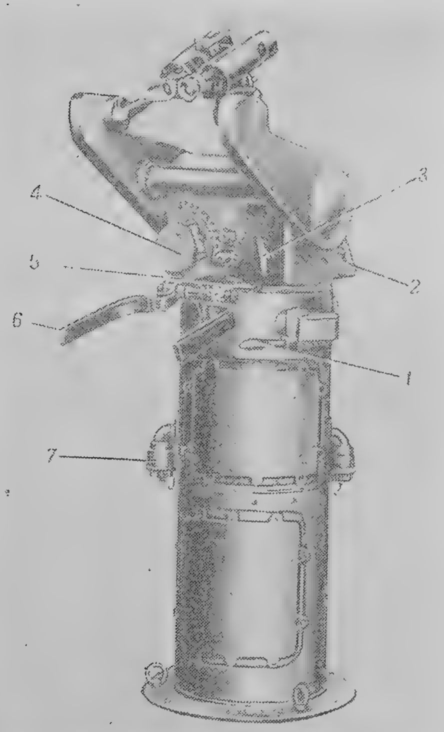


Рис. 140. Пост управления корабельным прожектором „Лоннекер" с биноклем:

1 — рычаг управления биноклем по высоте; *2* — выключатель параллаксного механизма; *3* — установочный винт для возвышения бинокля; *4* — указатель возвышения луча; *5* — шкала азимута цели; *6* — опора корпуса наблюдателя; *7* — штепсель для кабеля

При вращении электродвигателя *VM*, на основании сказанного выше, начинает вращаться синхронный электродвигатель *vsm*, который через ту же систему зубчатых передач вращает барабан контроллера B_2 в обратную сторону до тех пор, пока щётки контроллера не займут нулевого положения, при котором якорь электродвигателя оказывается замкнутым накоротко.

Что касается управления лучом в горизонтальной плоскости, то подобное же устройство, состоящее из электродвигателя *HM* и зубчатых передач, воздействует на барабан B_1 контроллера. В горизонтальной плоскости управление происходит при перемещении барабана B_1 только при условии поворота верхней части поста управления корпусом наблюдателя (опорными рычагами, между которыми стоит наблюдатель).

Для того чтобы поле зрения бинокля всегда находилось в пределах луча прожектора, при определённом удалении поста управления от места установки прожектора, необходимо, чтобы при перемещении бинокля автоматически устранялись ошибки от параллакса расстояния между прожектором и постом управления и от параллакса курсового угла. Очевидно, оптические оси бинокля и прожектора должны быть не параллельны, а пересекаться под некоторым углом, величина которого прямо пропорциональна величине базы между прожектором и постом управления и обратно пропорциональна дальности до освещаемой цели. Поправка на параллакс будет зависеть также от курсового угла движения освещаемого объекта.

В постах управления „Лоннекер" эти ошибки автоматически исправляются специальным эксцентриковым механизмом. Один из таких постов управления с биноклем показан на рис. 140. На рисунке видны рычаг управления биноклем по высоте *1*, выключатель параллаксного механизма *2* и другие элементы поста.

Существуют и другие типы приборов целеуказания, обратного контроля и синхронного вращения прожектора с биноклем поста ночного наблюдения или прожектора с прибором-искателем.

В заключение следует заметить, что к приборам целеуказания и обратного контроля предъявляется требование обеспечивать наведение прожектора с точностью не ниже 0,5°. Посты управления всё чаще снабжаются различными приспособлениями, позволяющими управлять лучом прожектора с расстояния, закрывая и открывая жалюзи или ирисовую диафрагму, зажигая и гася дугу и даже изменяя в некоторых пределах угловую ширину луча, сдвигая дуговую лампу относительно фокуса.

40. Системы управления со стабилизацией луча прожектора

В настоящее время на военно-морских кораблях всё большее распространение получают системы управления со стабилизацией луча, т. е. с автоматическим поддержанием горизонтального положения оси луча, вне зависимости от килевой и боковой качки корабля. При помощи некоторых стабилизирующих устройств создаются такие условия работы прожектора при качке, что он как бы установлен на совершенно незыблемом основании. Ось луча при качке перемещается только в таких направлениях, которые выгодны для более надёжного удержания цели в зоне освещения или для более быстрого наведения луча на объект освещения.

Особенно важное значение приобретает стабилизация луча при действиях корабельных прожекторов по воздушным целям, когда качка корабля влияет на пространственное положение луча.

Существует несколько способов стабилизации прожекторного луча с применением в системе управления жироскопов, центро-

бежных регуляторов положения, контакторов для включения стабилизирующих электродвигателей при помощи перемещающейся жидкости в сообщающихся сосудах, маятниковых стабилизаторов и других приспособлений. Чтобы уяснить принципиальное устройство приспособлений для стабилизации луча, рассмотрим некоторые из них.

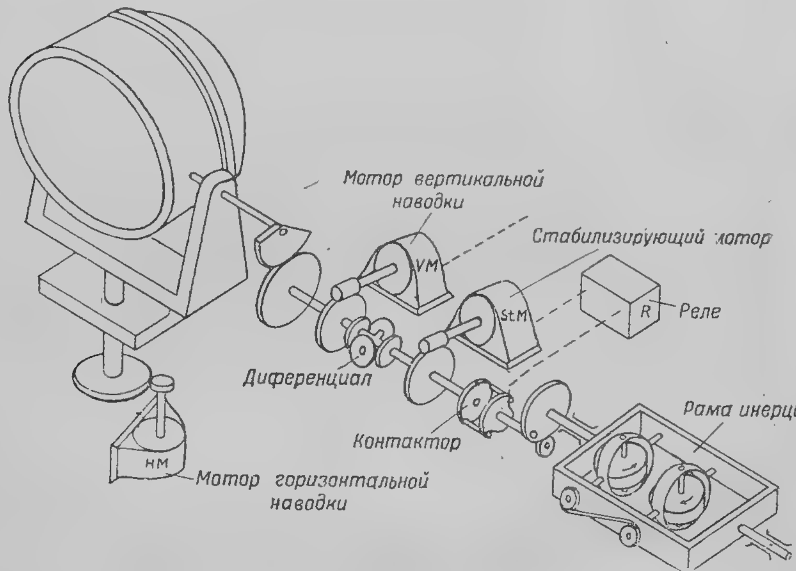


Рис. 141. Кинематическая схема механизма стабилизации корабельного прожектора в вертикальной плоскости

Корабельные 60-*см* прожекторы „Лоннекер“ снабжаются системой стабилизации только в вертикальной плоскости (рис. 141). Стабилизаторами служат два жироскопа, расположенные в так называемой раме инерции. Рама инерции воздействует на контактор с двумя контактами. При включении одного контакта электродвигатель стабилизации *StM* через реле *R* включается для вращения в одну сторону, при включении другого контакта — в другую. Промежуточные реле здесь применены потому, что контакты, приводимые в движение жироскопом, должны быть лёгкими и иметь малую мощность включения. Кроме мотора стабилизации, прожектор имеет ещё два электродвигателя *HM* и *VM* для горизонтальной и вертикальной наводки. Моторы *StM* и *VM* механически соединены через диференциал, так что колебания под влиянием качки вызывают склонение луча прожектора в вертикальной плоскости при работе электродвигателя *StM* в одну сторону и перемещение луча от электродвигателя наводки *VM* в другую сторону. Эти движения суммируются на диференциале, и луч прожектора получает перемещение на угол, равный сумме или разности угловых перемещений от качки и от

системы управления. Эта система стабилизации, как указывает фирма, работает с точностью $\pm 0,5^\circ$, и так как угловая ширина луча составляет $1,5 - 2^\circ$, то цель таким образом всегда остаётся в зоне освещения.

Для стабилизации здесь используется трёхфазный асинхронный электродвигатель; для питания его имеется специальный преобразователь, который производит трёхфазный ток с частотой в 333 периода при напряжении в 120 *в*. Жироскопы делают 20 000 *об/мин*.

60-*см* корабельный прожектор „Лоннекер", снабжённый такой системой стабилизации, показан на рис. 142.

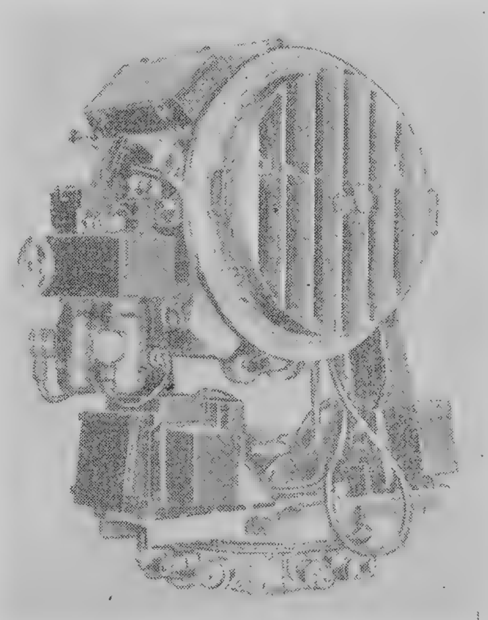


Рис. 142. 60-*см* корабельный прожектор „Лоннекер" со стабилизацией луча в вертикальной плоскости

Фирма AEG снабжала свои корабельные прожекторы системой стабилизации также с жироскопом, причём в каталоге фирмы указывалось, что „стабилизирующий волчок" передаёт переменные величины тока приводному мотору прожектора; таким образом, луч, несмотря на качающийся корабль, стоит спокойно в пространстве. При приведении в действие рычага управления толчки тока, переданные от поста управления, слагаются со стабилизирующими токами, и луч прожектора более легко и более точно наводится на цель.

Представляет интерес и система стабилизации, принципиальная схема которой приведена на рис. 143.

Когда прожектор *1* находится в положении безразличного равновесия, грузы *2*, *3* и *4* дают возможность индикатору *5* оставаться в неподвижном состоянии; всякое движение этого индикатора относительно корабля будет передаваться валикам *6* и *7*.

Движение индикатора контролируется рукояткой *8* механизма наводки *9* через моторы *10* и *11* и диференциалы *12* и *13*. Движение валов *14* и *15* передаётся на прожектор через систему Вард-Леонарда *16*, *17* и *18* и моторы *19* и *20*.

Это же движение передаётся на бинокль *21* через элементы синхронной системы *22*, *23*, *24* и *25* и в то же время воздействует на замыкание контактов валов *14* и *15* через моторы *10* и *11*.

Эта система управления прожекторами применялась на некоторых немецких кораблях.

Можно представить себе такую простую систему стабилизации, которая будет иметь специальный электродвигатель стабилизации, воздействующий на одну из щёк механического диференциала и включаемый от простого контактора в виде двух сообщающихся сосудов, наполненных ртутью; причём, если нет необходимости изменять положение оси прожектора, т. е. если она горизонтальна, тогда ртуть находится в сообщающихся сосудах на таком уровне, когда контакт в цепи стабилизирующего электродвигателя разомкнут и двигатель не работает. При изменении положения прожектора положение поверхностей ртути в сообщающихся сосудах изменяется, что приводит к включению контакта в цепи стабилизирующего электродвигателя, и последний начинает работать, смещая луч прожектора до тех пор, пока он не займёт такого положения, при котором контакт разомкнётся и двигатель вновь остановится.

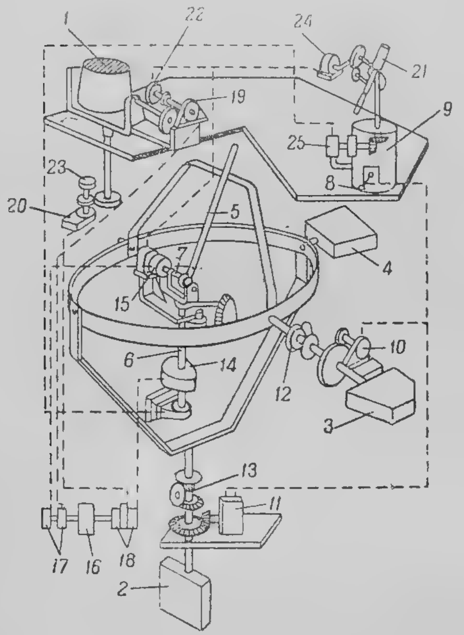


Рис. 143 Принципиальная схема стабилизации:

1 — прожектор; *2, 3* и *4* — грузы; *5* — индикатор; *6* и *7* — валики; *8* — рукоятка; *9* — механизм наводки; *10* и *11* — моторы; *12* и *13* — диференциалы; *14* и *15* — валы; *16, 17* и *18* — система Вард-Леонарда; *19* и *20* — моторы; *21* — бинокль; *22, 23, 24* и *25* — элементы синхронной системы

Очевидно, наиболее совершенное устройство для стабилизации можно получить, применяя приборы жироскопического контроля качки, однако иногда, в целях упрощения конструкции, применяют другие приспособления, более дешёвые, менее сложные, но действующие с меньшей точностью и надежностью.

Глава X

ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ПИТАНИЯ КОРАБЕЛЬНЫХ ПРОЖЕКТОРОВ

41. Необходимость особых источников энергии

Питание корабельных прожекторных установок электрической энергией осуществляется различно, в зависимости от типа источника света, а также от какого источника энергии, из имеющихся на корабле, выгоднее получать энергию для питания тех или иных прожекторных устройств.

Корабельные прожекторы с лампами накаливания нормального напряжения могут питаться от корабельной сети (например, МСПР-л 4,5, МСПЛ-л 4,0). Переносные прожекторы с лампами накаливания нормального напряжения включаются в специально предназначенные для этого штепсельные розетки. Очень часто корабельные прожекторы имеют лампы накаливания напряжением 6, 12 и 24 *в* и питаются от батарей из щелочных аккумуляторов общей ёмкостью от 40 до 100 *а/час* (например, прожекторы МСПА-л 3,5, МСПТ-л 2,5, МСПЛ-л 3,5).

В некоторых случаях такие прожекторы с лампами накаливания могут питаться от корабельной сети переменного тока через понижающие трансформаторы.

В цепи питания корабельных прожекторов с лампами накаливания иногда имеется прерыватель для быстрого включения и выключения источника света при сигнализации. Иногда последовательно с лампой включают сопротивление, уменьшающее ударный ток при холодной нити лампы накаливания, которое потом выключается.

Питание дуговых корабельных прожекторов должно осуществляться от источников постоянного тока, отвечающих некоторым особым требованиям. Особенности работы дуговой лампы, с точки зрения источника её питания, заключаются, во-первых, в том, что при горении дуги возможны постоянные колебания её режима из-за процессов, происходящих в междуэлектродном промежутке дуги, вызванных неоднородностью электродов, движением воздуха, изменением температуры и т. д.; во-вторых, обычным является короткое замыкание дуги в момент её зажигания.

Первая особенность ставит условием или незначительные колебания э. д. с. динамо при колебаниях тока нагрузки, или же возрастание подводимого к дуге напряжения с уменьшением тока дуговой лампы. При увеличении длины дуги ток нагрузки падает, и необходимо или постоянство э. д. с. генератора, или увеличение её для того, чтобы дуга не оборвалась, а было восстановлено её нормальное горение при помощи автомата.

Иногда говорят, что для питания дуговых прожекторов требуются генераторы постоянной силы тока, т. е. поддерживающие постоянной силу тока во внешней цепи. Действительно, яркость кратера дуги повышенной яркости меняется прямо пропорционально силе тока, и поэтому изменение силы тока дуги вызывает „мигание“ луча и колебание светового режима прожектора, а это создаёт неблагоприятные условия для наблюдения целей. Однако, когда указывают, что напряжение таких генераторов может изменяться в широких пределах, то здесь впадают в ошибку, ибо при постоянном сопротивлении внешней цепи питания дуги устойчивый режим её горения возможен только при постоянной э. д. с. генератора. Желательно иметь постоянный электрический режим горения дуги и особенно постоянную силу тока дуги, а для этого генератор должен быть генератором постоянного напряжения (см. параграф 3).

Вторая особенность дуги—короткое замыкание междуэлектродного промежутка—ставит условие, чтобы генератор не боялся кратковременной перегрузки током короткого замыкания. В силу этого для питания дуговых прожекторов считаются наиболее пригодными машины двух типов: динамомашины с постоянным напряжением или машины с круто падающей внешней характеристикой.

Динамомашины с постоянным напряжением — это обычные компаундные генераторы с добавочными полюсами. Работа этой машины характеризуется тем, что, независимо от нагрузки, напряжение на её зажимах остаётся постоянным. Динамомашины этого типа с успехом используются для питания прожекторов с дугой повышенной яркости, где работа происходит на восходящей части вольтамперной характеристики приёмника и необходимо, чтобы при колебаниях электрического режима дуги напряжение на зажимах генератора не менялось.

Динамомашины второго типа используются для дуговой сварки, а также широко применяются для питания прожекторов. К этому типу относятся машины Розенберга, Кремера и др.

На военно-морских кораблях очень часто имеется постоянный ток напряжением 220 *в*. Однако для питания современных дуговых прожекторов необходимо напряжение от 40 до 110 *в*, не больше. Если избыток напряжения гасить в сопротивлениях, то это приведёт к непроизводительному и неэкономичному расходованию большого количества электрической энергии, которая на корабле крайне необходима для других нужд. Поэтому для питания прожекторов выгоднее применять или мотор-генераторные

установки, или преобразователи в виде агрегата, работающего на принципе бустера. Наряду с этими, широко применяющимися источниками энергии для питания дуговых корабельных прожекторов в некоторых случаях пользуются переменным током, преобразованным в ток постоянный при помощи вращающихся преобразователей, или выпрямленным при помощи газотронов и, в частности, при помощи специальных катодных выпрямителей с холодным катодом. Не исключена также возможность применения меднооксидных и купроксных выпрямителей, которые используются для питания дуговых ламп кинопроекционных установок и кинопрожекторов.

При выборе того или иного источника электрической энергии для питания дуговых корабельных прожекторов необходимо стремиться обеспечить:

1) надёжность действия установки (безотказность и безаварийность);

2) относительно малые габариты и вес;

3) постоянство напряжения на зажимах питающего прожектор генератора;

4) высокий к. п. д. установки и независимость к. п. д. от величины нагрузки, особенно когда от одного источника питается несколько прожекторов;

5) малые потери холостого хода;

6) независимость работы установки от механических сотрясений и изменений её положения при кренах и дифферентах;

7) простоту обслуживания установки в действии.

42. Мотор-генераторные установки и бустерные агрегаты для питания корабельных прожекторов

Мотор-генераторные установки. Для питания дуговых корабельных прожекторов довольно часто используются динамомашины типа Кремера. На рис. 144 приведена принципиальная схема такого преобразователя, где M—компаундный электродвигатель постоянного тока, питаемый от корабельной сети напряжением 220 *в* и вращающий динамомашину Кремера D. Эта динамомашина имеет нормальную конструкцию, но снабжена тремя обмотками возбуждения. Одна из них $\Phi_а$ присоединена к корабельной сети постоянного тока и является обмоткой независимого возбуждения, другая $\Phi_в$ присоединена параллельно к зажимам якоря и третья $\Phi_с$ включена последовательно с якорем, но так, что её поле действует навстречу полям первых двух обмоток.

При нормальном режиме дуги, т. е. при нормальном значении силы тока дуги, ампервитки обмотки $\Phi_с$ и ампервитки обмотки $\Phi_а$ равны и противоположны, и, следовательно, динамо возбуждается только шунтовой обмоткой. При обгорании углей длина дуги увеличивается, сила тока в цепи дуги уменьшается, уменьшается соответственно и поток обмотки $\Phi_с$, пропорциональный силе тока

($\Phi_с = C_2 i$), создаваемой противокомпаундной обмоткой. Поток, создаваемый шунтовой обмоткой, пропорционален падению напряжения на дуге: $\Phi_в = C_1 iR$; поток независимого возбуждения постоянен: $\Phi_а = \text{const}$. Общий поток, создаваемый тремя обмотками $\Phi = \Phi_а +$ $\Phi_в - \Phi_с$, при обгорании углей увеличивается. Вследствие этого увеличивается и напряжение на щётках якоря, возрастает ток в шунтовой обмотке, что вызывает увеличение создаваемого ею потока $\Phi_в$. Благодаря увеличению $\Phi_в$ общий поток ещё больше увеличивается, а это вызывает увеличение э. д. с. динамо. Напряжение

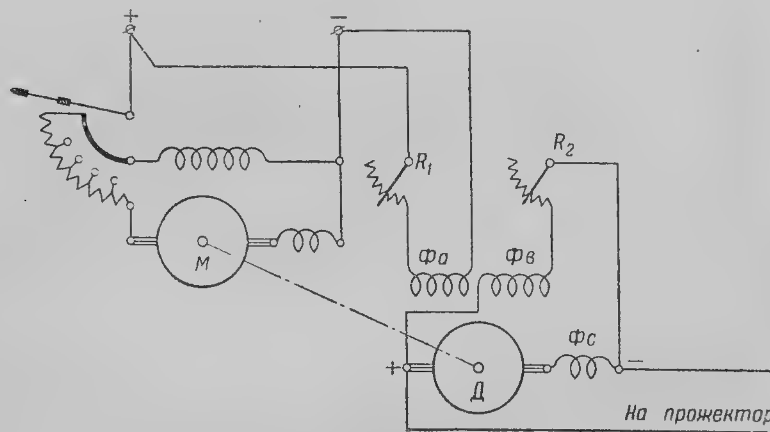


Рис. 144. Схема трёхобмоточного преобразователя Кремера

на щётках якоря будет стремиться подняться настолько, чтобы ток прожекторной лампы в цепи стал равным прежнему значению. В общем, если динамомашина Кремера работает на прямолинейной части намагничивающей характеристики, то она будет поддерживать постоянную силу тока во внешней цепи при изменяющейся величине напряжения на её зажимах. Динамомашины Кремера позволяют регулировать как ток короткого замыкания при сведении угольных электродов дуги до соприкосновения, так и форму внешней (вольтамперной) характеристики машины. Пользуясь реостатом R_1 в цепи обмотки независимого возбуждения, можно регулировать величину тока короткого замыкания. При коротком замыкании напряжение на зажимах машины равно нулю; следовательно, и сила тока в шунтовой обмотке $\Phi_в$ также обращается в нуль, а потому, если бы не было обмотки $\Phi_а$ независимого возбуждения, то машина могла бы перемагнититься. При наличии же трёх обмоток возможность перемагничивания генератора исключается.

Вид внешней характеристики генератора зависит от положения рычага реостата R_2 в цепи шунтовой обмотки возбуждения.

С уменьшением значения тока в цепи шунтовой обмотки, т. е. при включении реостата R_2, внешние характеристики имеют более пологую форму, и, наконец, когда цепь шунтовой обмотки будет разомкнута, генератор обращается в обыкновенную динамомашину с противокомпаундной обмоткой.

Преобразователи Кремера для питания корабельных прожекторов изготовляются как вертикального, так и горизонтального типа. Вертикальное расположение электродвигателя и динамомашины принимается с целью экономии площади палубы, занимаемой этой установкой. Так, например, в одной установке четырёхполюсный компаундный электродвигатель расположен наверху над четырёхполюсной динамомашиной Кремера. Как двигатель, так и динамо снабжены дополнительными полюсами. Преобразователь имеет общий корпус, предохраняющий машины от попадания на них воды, но имеющий снизу и сверху отверстия для вентиляции. Для этого на общий вертикальный вал между генератором и двигателем насажен крыльчатый вентилятор, который прогоняет нагретый воздух через специальные отверстия посредине корпуса, а приток свежего воздуха поступает через отверстия, сделанные в верхней и нижней частях корпуса.

Преобразователи для питания прожекторов могут также использоваться для электросварки. В зависимости от толщины свариваемого материала можно изменять силу тока короткого замыкания, пользуясь реостатом R_1.

На рис. 145 приведена схема преобразователя для питания корабельных прожекторов Вестингауза. Преобразователь состоит из трёх машин, сидящих на одном валу: шунтового электродвигателя *М*, возбудителя *В* и генератора *Г*. Генератор имеет обмотку независимого возбуждения *ОНВГ*, которая питается от зажимов возбудителя, шунтовую обмотку *ШОВГ* и противокомпаундную обмотку *ПКО*.

При коротком замыкании внешней цепи (при зажигании дуги) напряжение на зажимах генератора уменьшится, а напряжение возбуждения окажется больше напряжения генератора; тогда шунтовая обмотка возбуждения, которая обычно питается от генератора, начнёт питаться от возбудителя, и направление тока в ней изменится (пунктирная стрелка). При изменении направления тока шунтовая обмотка будет действовать как противокомпаундная, и напряжение на зажимах генератора может быть снижено до такого предела, чтобы сила тока сохранила постоянное значение. Таким образом, этот преобразователь также рассчитан на питание прожекторной установки с сохранением постоянства силы тока во внешней цепи.

С точки зрения ограничения тока короткого замыкания при питании прожекторов динамомашина Кремера, а также вообще сварочные генераторы [1] имеют преимущества перед другими гене-

[1] Некоторые сварочные генераторы описаны в книге Р. Н. Фролова „Электрические прожекторы и их испытания", Энергоиздат, 1933 г.

раторами, применяемыми для питания дуговых прожекторов. Тем не менее корабельные прожекторы, как было указано ранее, не обязательно должны питаться от генераторов постоянной силы тока. В данном случае особенно важно иметь генератор постоянного напряжения, не изменяющегося резко при колебаниях тока нагрузки, поэтому на кораблях могут встречаться установки для питания прожекторов с компаундными динамомашинами, с преобразователями Леонарда и бустерные агрегаты.

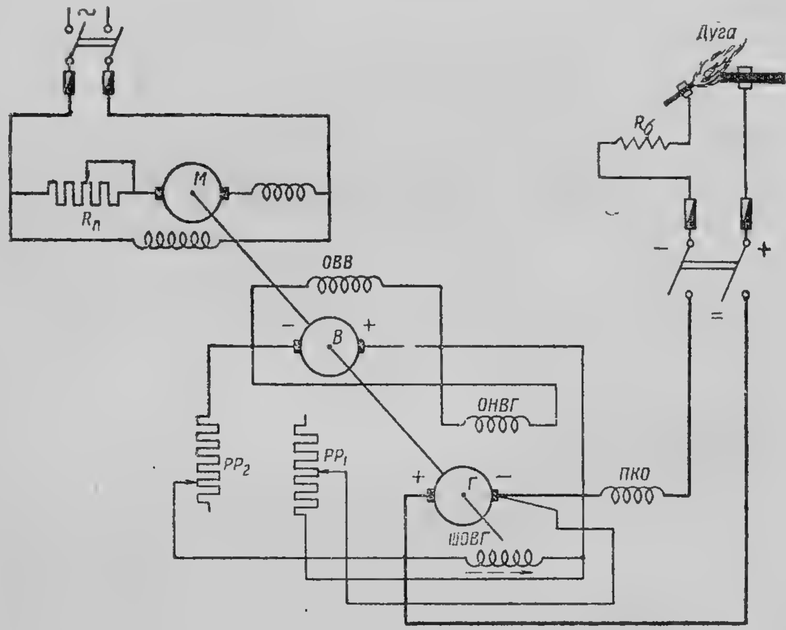


Рис. 145. Принципиальная схема преобразователя Вестингауза: $R_б$ — балластный реостат; PP_1 и PP_2 — реостаты в цепях якоря; $R_п$ — реостат пусковой

Иногда вместе с корабельными прожекторами изготовляются мотор-генераторные установки с компаундным двигателем и генератором, который имеет противокомпаундную обмотку и обмотку независимого возбуждения. Схема включения этой мотор-генераторной установки в корабельную сеть показана на рис. 146, где a — щиток для подключения установки к корабельной сети, b — приспособление для автоматического запуска, c — мотор-генераторная установка, представляющая по своему существу типичный преобразователь Леонарда, d — реостат в обмотке независимого возбуждения динамо, e — щиток прожектора с приборами контроля и кнопкой автоматического пускателя и f — прожектор.

По схеме легко проследить, что нажатием кнопки на щитке e включаются электромагнит пускового реле на щитке b и рубильник, после чего окажутся включёнными в сеть электродвигатель

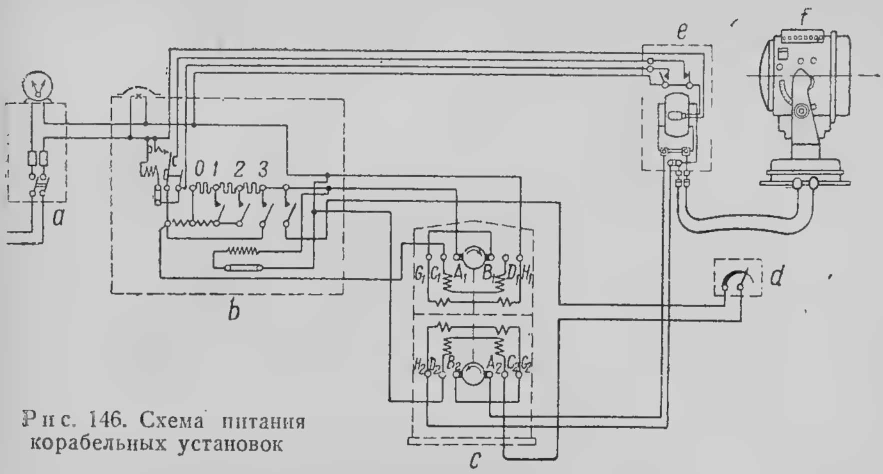


Рис. 146. Схема питания корабельных установок

и обмотка независимого возбуждения динамо. Эта система автоматического пуска позволяет привести прожектор в полную боевую готовность в течение 8—10 секунд после нажатия кнопки.

Мотор-генераторная установка такого типа мощностью в 12 *квт* (рис. 147) выполняется в виде тумбы с люками: в верхней части — для доступа к щёткам мотора, в нижней части — для доступа к щёткам генератора. Эти же люки вместе с отверстиями в центральной части тумбы служат для вентиляции машины во время работы.

На рис. 148 представлен преобразователь Леонарда горизонтального выполнения.

Французская фирма ВВТ строила для питания корабельных прожекторов мотор-генераторные установки с одним мотором и двумя генераторами. Схема такой установки показана на рис. 149. Из схемы видно, что мотор находится посредине между двумя генераторами. Включение машин осуществлено также по принципу преобразователя Леонарда. Генераторы питают два прожектора и имеют независимые распределительные щитки.

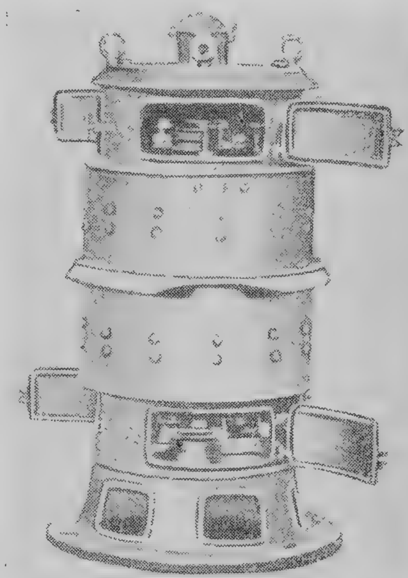


Рис. 147. Мотор-генераторная установка мощностью 12 *квт* для питания корабельных прожекторов „Лонпекер“ вертикального выполнения

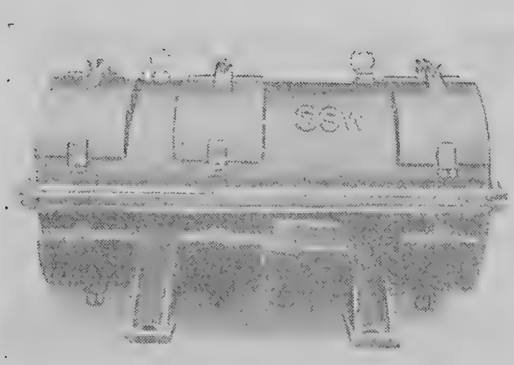


Рис. 148. Преобразователь Леонарда горизонтального выполнения

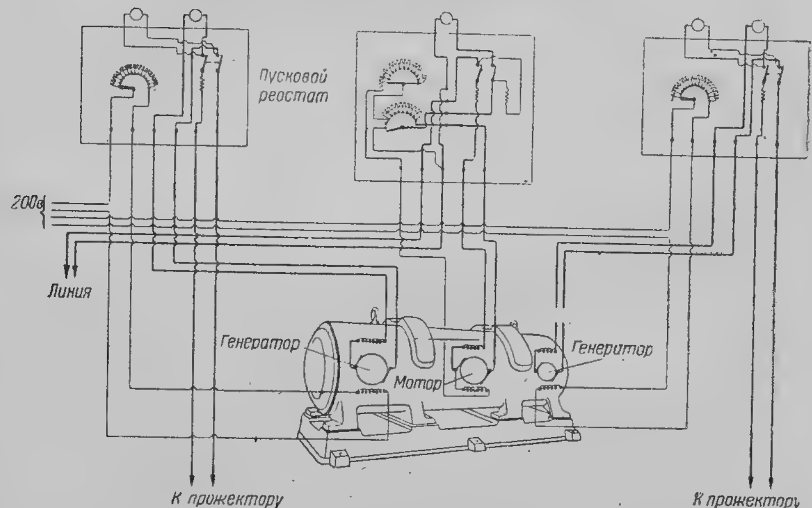


Рис. 149. Схема мотор-генераторной установки для питания корабельных прожекторных установок фирмы ВВТ

Бустерные агрегаты. В качестве источников электрической энергии для питания корабельных прожекторов в настоящее время часто используются бустерные агрегаты (рис. 150). Агрегат состоит из двух одинаковых компаундных машин, якори которых соединены последовательно и сидят на одном валу.

Бустерный агрегат получает питание постоянным током напряжением 220 *в* от магистралей правого или левого борта и пускается в ход при помощи контакторных приспособлений, которые на схеме приведены в упрощённом виде. Здесь *КЛ* — контакторы линейные, *РМ* — максимальное реле, *КУ* — контактор с выдержкой времени и *РВ* — соответствующие реостаты возбуждения.

Агрегаты этого типа могут использоваться для питания одного или двух прожекторов равной мощности. Следует различать три принципиально разных режима агрегата: холостой ход, работа на один прожектор и работа на два прожектора. Рассмотрим кратко основные явления при работе агрегата в этих трёх режимах.

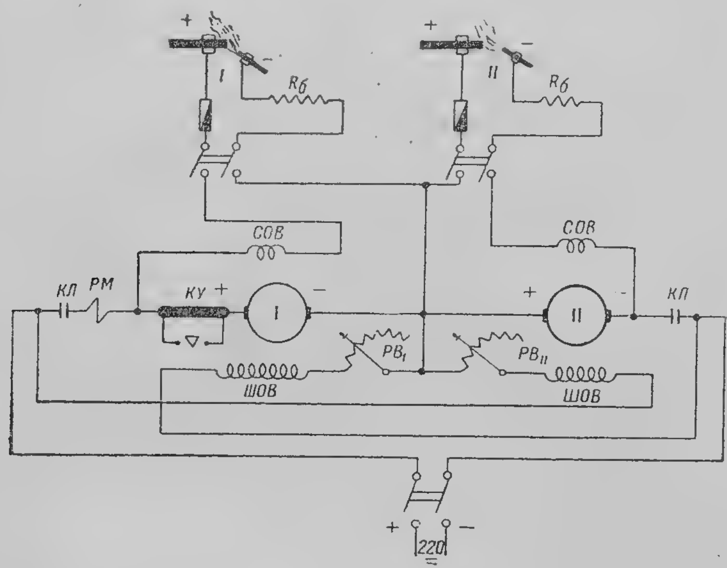


Рис. 150. Принципиальная схема бустерного агрегата

При режиме холостого хода обе машины работают в качестве электродвигателей, преодолевая только механические потери. В этом случае приложенное напряжение к каждому электродвигателю будет равно

$$U = E + I_{xx} R_a = \frac{1}{2} U_c,$$

где E — противоэлектродвижущая сила;

I_{xx} — ток потерь холостого хода;

R_a — сопротивление обмотки якоря;

U_c — напряжение корабельной сети.

В этом режиме получают питание только шунтовые обмотки машин и $U = E$.

При работе агрегата с одним включённым прожектором одна из машин имеет шунтовое возбуждение, а другая — компаундное. При включении дуги прожектора *II* магнитный поток машины *I* будет создаваться только шунтовой обмоткой и равен $\Phi_ш$, а магнитный поток машины *II* создаётся шунтовой и сериесной обмотками и будет равен

$$\Phi = \Phi_ш + \Phi_c.$$

Вследствие этого э. д. с. машины II возрастает и становится больше приложенного напряжения, т. е. $E > U$, и машина II переходит из режима работы двигателем в режим работы генератором, а машина I остаётся работать двигателем. Это и есть режим, когда агрегат работает в качестве бустера, выполняющего в данном случае роль понизителя напряжения, подводимого к дуге. При этом режиме работы агрегата электрическая дуга получает питание от двух источников, а именно: от машины II, работающей генератором, и от корабельной сети через электродвигатель I, т. е. ток дуги равен

$$I_д = I_г + I_с.$$

Электрическая энергия, потребляемая из корабельной сети, частично преобразовывается в машине I в механическую энергию и идёт на вращение машины II, работающей генератором, где она вновь превращается в электрическую энергию.

Мощность этой энергии

$$P_1 = I_с E + I_с^2 R_а = I_с U.$$

Другая часть энергии, потребляемой из сети, мощностью

$$P_2 = I_с^2 (R_б + R_д + R_с),$$

расходуется без преобразования в прожекторной цепи, состоящей из балластного сопротивления $R_б$, сопротивления дуги $R_д$ и сопротивления $R_с$ сериесной обмотки.

Напряжение, подаваемое на прожектор, определяется из уравнения

$$U_с = U + I_с (R_б + R_д + R_с) = U + U_{пр},$$

но

$$U_{пр} = U_{ген} \cong \frac{1}{2} U_с.$$

Таким образом, напряжение, подводимое к прожектору, при работе в режиме бустера по сравнению с напряжением сети понижается приблизительно в 2 раза.

Для того чтобы напряжение на прожекторе было ближе к величине $^1/_2 U_с = 110$ *в* и для более устойчивой работы шунтовая обмотка машины I приключена параллельно якорю машины II, а шунтовая обмотка машины II приключена параллельно якорю машины I.

При нормальном режиме работы прожектора к дуге подводится напряжение 78 *в*, а напряжение 110—78=32 *в* падает на балластном сопротивлении $R_б$ и на сопротивлении $R_с$ сериесной обмотки.

При работе агрегата в режиме бустера часть энергии потребляется дугой после преобразования её машинами I и II по принципу мотор-генератора, а часть энергии забирается из сети без

преобразования её из электрической в механическую, и наоборот, поэтому коэфициент полезного действия бустера больше, чем к. п. д. мотор-генератора, и равен

$$\eta_б = \eta_I \eta_{II} + \frac{U_{пр}}{U_с}(1 - \eta_I \eta_{II}),$$

где η_I — к. п. д. первой машины;
η_{II} — к. п. д. второй машины.

В этом уравнении величина $\eta_I \eta_{II}$ представляет к. п. д. мотор-генератора, а второе слагаемое $\frac{U_{пр}}{U_с}(1 - \eta_I \eta_{II})$ характеризует повышение экономичности бустера по сравнению с мотор-генератором. По тем же причинам мощность и вес машин *I* и *II* будут меньше, чем у мотор-генераторов. Так, преобразователь Кремера, работающий по принципу мотор-генератора и рассчитанный на дугу с силой тока 150 *а*, имеет вес 710 *кг*, а бустерный агрегат типа ПН-185 на эту же силу тока имеет вес 407 *кг*. По внешней характеристике бустер относится к источникам тока с постоянным напряжением.

Третий режим агрегата — работа на два прожектора. При равенстве сопротивлений дуг в этом режиме получаются две параллельные цепи: цепь первого и второго прожекторов и цепь якорей машин *I* и *II*. Обе машины работают в одинаковых условиях, поэтому на каждой машине падает одинаковое напряжение $U = \frac{1}{2} U_с = 110$ *в*, и в этом случае агрегат работает просто делителем напряжения.

Если сопротивления дуг будут неодинаковыми, то токи дуг будут также неодинаковыми, при этом по сериесной обмотке той машины, параллельно которой присоединена дуга с меньшим сопротивлением, потечёт ток большей величины, чем у машины *I*, и машина *II* превратится в генератор, а машина *I* останется работать двигателем, т. е. агрегат переходит в бустерный режим работы на два прожектора.

Бустерные агрегаты нашли себе широкое применение для питания прожекторов в итальянском флоте. Для питания дуговых прожекторов, установленных на кораблях ВМС СССР, также используются бустерные агрегаты.

Впервые агрегаты такого типа были применены для питания английских корабельных прожекторов „Чепман“ и в настоящее время получают всё более и более широкое распространение.

43. Специальные преобразователи и выпрямители для питания прожекторов от сети переменного тока

Корабельные дуговые прожекторы в случае необходимости могут питаться от сети переменного тока через специальные преобразователи или выпрямители. Здесь приводятся лишь крат-

кие указания на некоторые установки этого типа, главным образом с той целью, чтобы лица, занимающиеся проектированием, знали о возможности широкого выбора и получили исходные данные для обоснования выбранной установки. Имеющиеся в настоящее время преобразователи переменного тока в постоянный, приспособленные и применяемые для питания дуговых прожекторов, разделяются на два класса: преобразователи и выпрямители.

Были произведены сравнительные испытания трёх различных способов преобразования переменного тока в постоянный, чтобы питать дуговую лампу с дугой повышенной яркости на силу тока 50 *а*, при падении напряжения на дуге в 35 *в*.

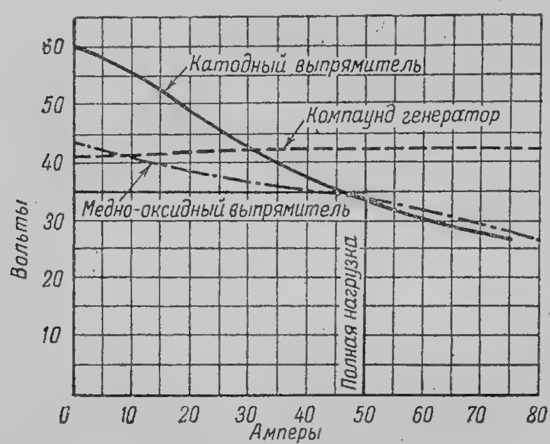


Рис. 151. Вольтамперные характеристики трёх различных источников энергии для питания дуговых прожекторов

Преобразователи были следующие: преобразователь в виде мотор-генераторной установки с асинхронным двигателем и компаундным генератором, затем выпрямитель в виде газотрона с катодом косвенного накала и медно-оксидный (купроксный) выпрямитель. Вольтамперные характеристики всех трёх источников приведены на рис. 151.

При испытании добивались наиболее устойчивого горения дуги при отсутствии шума и при наибольшей эффективности источника энергии. Эффективность определялась как отношение энергии, потребляемой дугой (1 750 *вт*), к полной энергии, потребляемой дугой и добавочным сопротивлением в цепи питания дуги. Производились измерения коэфициента мощности установок (cos φ) и тока короткого замыкания дуги. Данные испытания приведены в табл. 7.

Таблица 7

Показатели \ Тип источника	Компаунд-генератор	Газотронный выпрямитель	Купроксный выпрямитель
Эффективность в %	62,3	65,5	65,5
Коэфициент мощности	0,83	0,656	0,936
Ток короткого замыкания в *а*	95	85	95

Из вращающихся преобразователей компаунд-генератор с прямолинейной внешней характеристикой, при наличии некоторого небольшого балластного сопротивления, оказался наиболее пригодным для питания дуги повышенной яркости. Следует заметить, что коммутационные пульсации тока могут быть сведены до минимума уменьшением сопротивления сериесной обмотки возбуждения и обмотки якоря, а также соответствующим скосом пазов якоря. Вместе с уменьшением пульсаций тока уменьшается шум горящей дуги.

Газотронный выпрямитель применялся для питания дуговой лампы без балластного сопротивления. Выпрямленный ток не был свободен от пульсаций, и поэтому дуга при горении слегка гудела. Ток дуги изменялся от 46 до 60 *а*; частично эти колебания тока были обусловлены характеристикой дуги, но в большей степени они происходили из-за флюктуаций напряжения в сети переменного тока. Так как в испытуемом выпрямителе часть постоянного тока имеет магнитную связь с частью переменного тока, флюктуации напряжения сети проходили через выпрямитель и вызывали гудение и мигание дуги. При постепенном изменении напряжения переменного тока можно вносить поправку, изменяя витки трансформатора выпрямителя, но при внезапных изменениях компенсировать увеличение или уменьшение напряжения не удаётся. При увеличении напряжения трубка газотрона перегружается, и это снижает срок её службы.

Купроксный выпрямитель применялся для питания дуговой лампы также без балластного сопротивления. Наблюдениями установлено, что дуга в этом случае шумит при горении меньше, чем при питании её от газотронного выпрямителя. Купроксный выпрямитель не может работать без вентиляционной системы, потому что высокая температура крайне вредно отзывается на сроке службы оксидных плёнок; флюктуации напряжения сети переменного тока также проходят через этот выпрямитель.

За границей для питания дуговых ламп кинопроекционных и прожекторных установок примерно с 1935 г. применяются газотронные выпрямители типа „Ректрон", которые строятся на силу тока от 15 до 150 *а*, причём срок службы ламп гарантируется в 2500 часов. Выпрямитель позволяет производить шестифазное выпрямление, что имеет свои преимущества, а именно: получается более равномерный постоянный ток и имеется возможность разделить общую нагрузку на три малые, включённые параллельно выпрямительные лампы. Разделение мощности на три лампы даёт как экономическое преимущество, так и увеличение надёжности всей установки. Экономическое преимущество заключается в том, что каждая лампа используется полностью, в то время как при одной лампе её повреждение выводит из строя всю установку. Надёжность повышается и от того, что при повреждении одной из ламп нагрузка автоматически перекладывается на две другие лампы без прекращения работы. Основная схема включения шестифазного выпрямителя „Ректрон" с тремя лам-

пами показана на рис. 152. Фирма гарантирует к. п. д. установки в пределах 83—85%, причём указывает на постоянство к. п. д. в зависимости от величины нагрузки, сравнивая кривую изменения к. п. д. (рис. 153) с аналогичной кривой для мотор-генераторной установки. Таким образом, если выпрямитель будет рассчитан на питание двух дуговых ламп, то, питая одну из них, он будет работать с таким же к. п. д., тогда как к. п. д. мотор-генераторной установки в этом случае будет понижен.

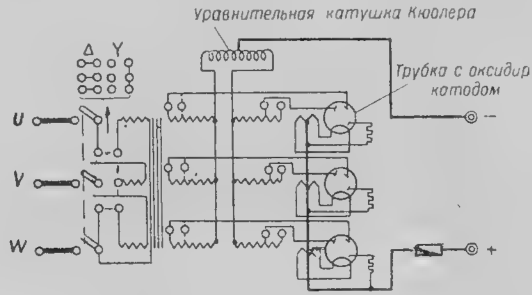


Рис. 152. Принципиальная схема выпрямителя типа „Ректрон"

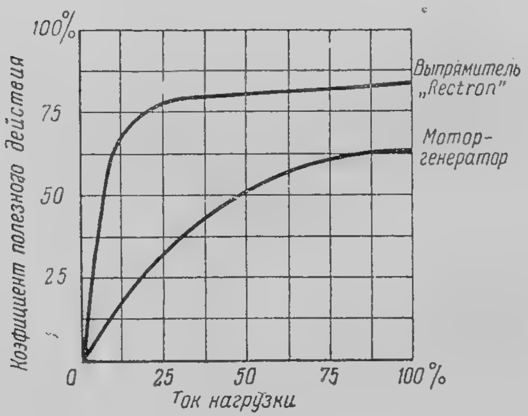


Рис. 153. Кривые зависимости к. п. д. источника энергии от величины нагрузки для мотор-генератора и выпрямителя типа „Ректрон"

Выпрямитель этого типа на 150 *а* весит 360 *кг*, габарит основания его 1000 × 500 *мм*, высота 1000 *мм*; при холостом ходе он потребляет 1 250 *в* и через каждые полчаса допускает пятиминутную двойную перегрузку.

В заключение следует заметить, что при выборе источника энергии для питания дуговых корабельных прожекторов имеется возможность сравнить между собой различные мотор-генераторные и выпрямительные установки и отдать предпочтение той из них, которая будет наиболее пригодна для данных условий.

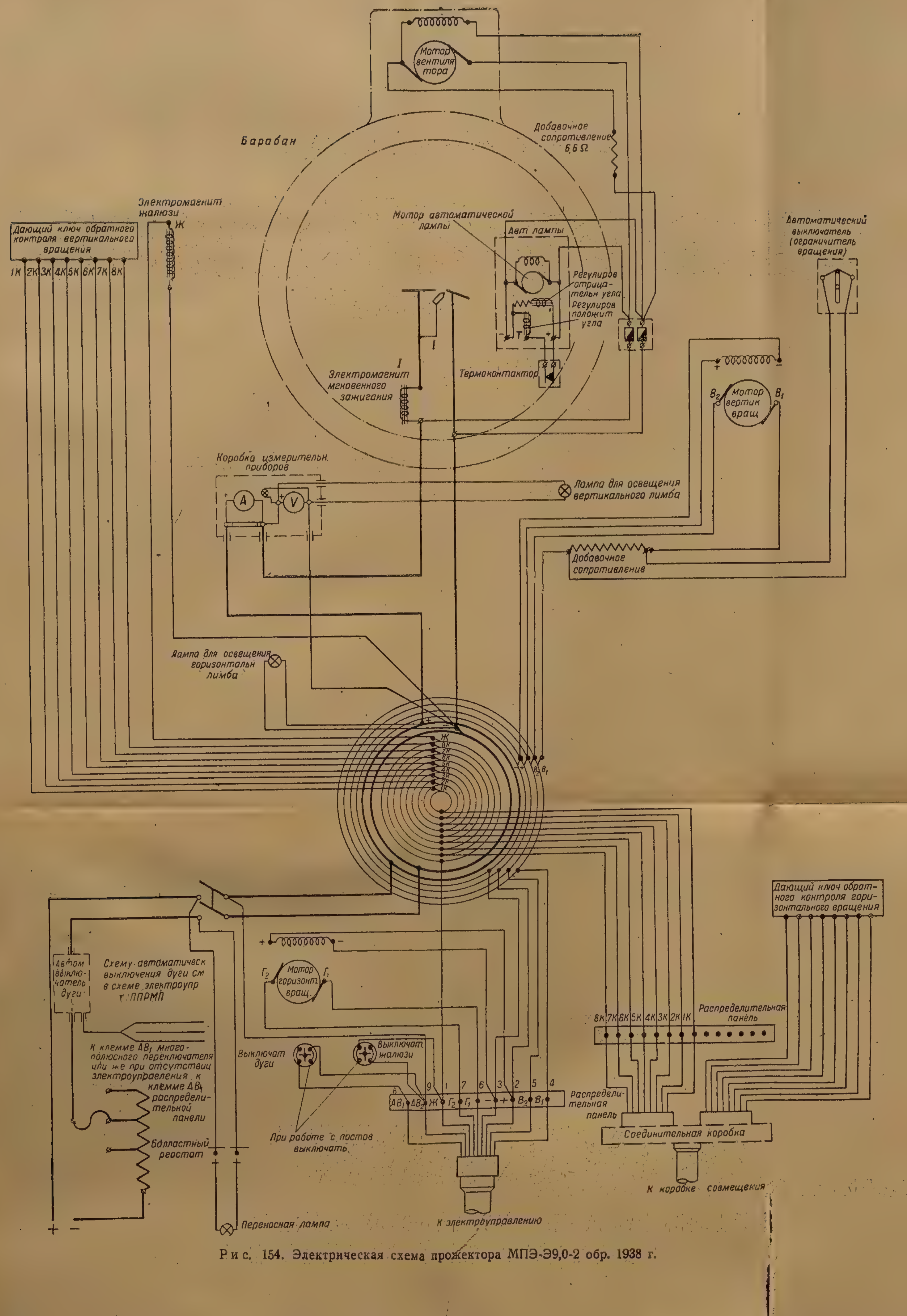


Рис. 154. Электрическая схема прожектора МПЭ-Э9,0-2 обр. 1938 г.

ра
мо
ти
от
на
мо
ус
ди
пр
ле
фе

и
пи
ст
ни
ни
то
ме
де

же
РУ
и
мо

не

об
об
ду
ча
жи
ко
с
пр
че
со
же
от
ре
об
ко
ус
по

44. Элементы электромонтажных схем корабельных прожекторных установок

Электромонтажная схема 90-*см* прожектора. Дуговые корабельные прожекторы, кроме дуговой лампы, электромеханизмов её автомата и балластного сопротивления, имеют ещё сопротивление реле, электродвигатели и другие электромеханизмы, относящиеся к системе управления лучом прожектора. Подробная электрическая схема включения всех этих электромеханизмов называется электромонтажной схемой прожектора. Зная устройство и взаимодействие всех деталей прожектора, необходимо знать и его электромонтажную схему, так как только при этом условии можно правильно эксплоатировать прожектор, легко обнаруживать все неисправности и устранять мелкие дефекты в питании механизмов прожектора электрической энергией.

При проектировании любого прожектора следует составлять и электромонтажную схему, которая слагается из всех принципиальных схем питания отдельных электромеханизмов. При составлении электромонтажной схемы следует учитывать расстояния между отдельными приборами и необходимую длину соединительных проводов и приборы на прожекторе размещать с учётом удобства электромонтажа и доступа к отдельным электромеханизмам, а также необходимости подводить ток к подвижным деталям и делать вводы в коробки отдельных приборов.

Специфические условия электромонтажа корабельных прожекторных установок предусматриваются особыми требованиями РУК ВМС и общими правилами, изложенными в частях А, К, Р и П „Правил электрооборудования кораблей" (ПЭК-40), Военмориздат, 1940 г.

Ниже приводится краткое описание электромонтажных схем некоторых корабельных прожекторов.

На рис. 154 представлена схема прожектора типа МПЭ-Э9,0-2 обр. 1938 г. К прожектору подходят четыре кабеля: два — от преобразователя — подводят ток напряжением 110 *в* для питания дуги, один десятижильный кабель от многополюсного переключателя системы дистанционного управления лучом и один многожильный кабель от коробки совмещения приборов обратного контроля. Коробки совмещения могут находиться или рядом с постом управления прожектором или с некоторыми другими приборами системы ПУС. Питание дуговой лампы осуществляется через балластное сопротивление, которое представляет собой сопротивление, собранное из элементов константановой ленты на железном каркасе (рис. 155). Константановая лента изолирована от железного каркаса миканитовыми шайбами и втулками. Весь реостат помещён в кожух из перфорированного железа, который обеспечивает охлаждение сопротивлений. Каркас изолирован от кожуха. Для присоединения проводов на балластном реостате устроены три клеммы. Две клеммы могут быть соединены при помощи гибкого провода, и это даёт возможность изменять ве-

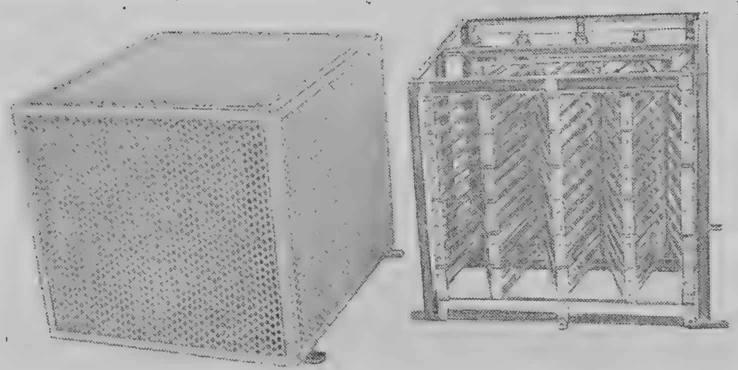


Рис. 155. Общий вид балластного реостата и каркаса с секциями сопротивлений

личину сопротивления балластного реостата в пределах от 0,165 до 0,22 *ом*. После присоединения проводов балластный реостат закрывается крышкой, привёртываемой к основному кожуху 14 винтами. На рис. 156 представлен главный рубильник прожектора.

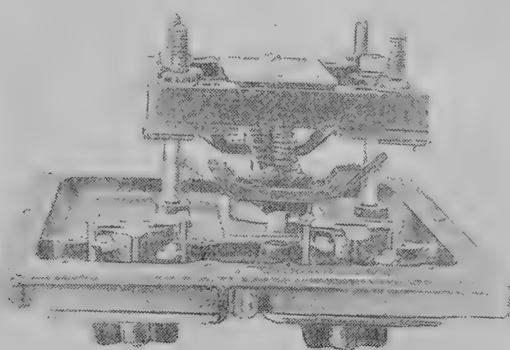


Рис. 156. Общий вид главного рубильника прожектора

При системе управления типа ППРМП балластный реостат обязательно должен быть установлен в цепи отрицательного угля, так как далее в этой же цепи устанавливается автоматический выключатель дуги и из его коробки отходит провод на выключатель реле автоматического выключателя дуги на посту управления или на распределительной панели. Провода, идущие к штепсельной розетке переносной лампы, присоединены до

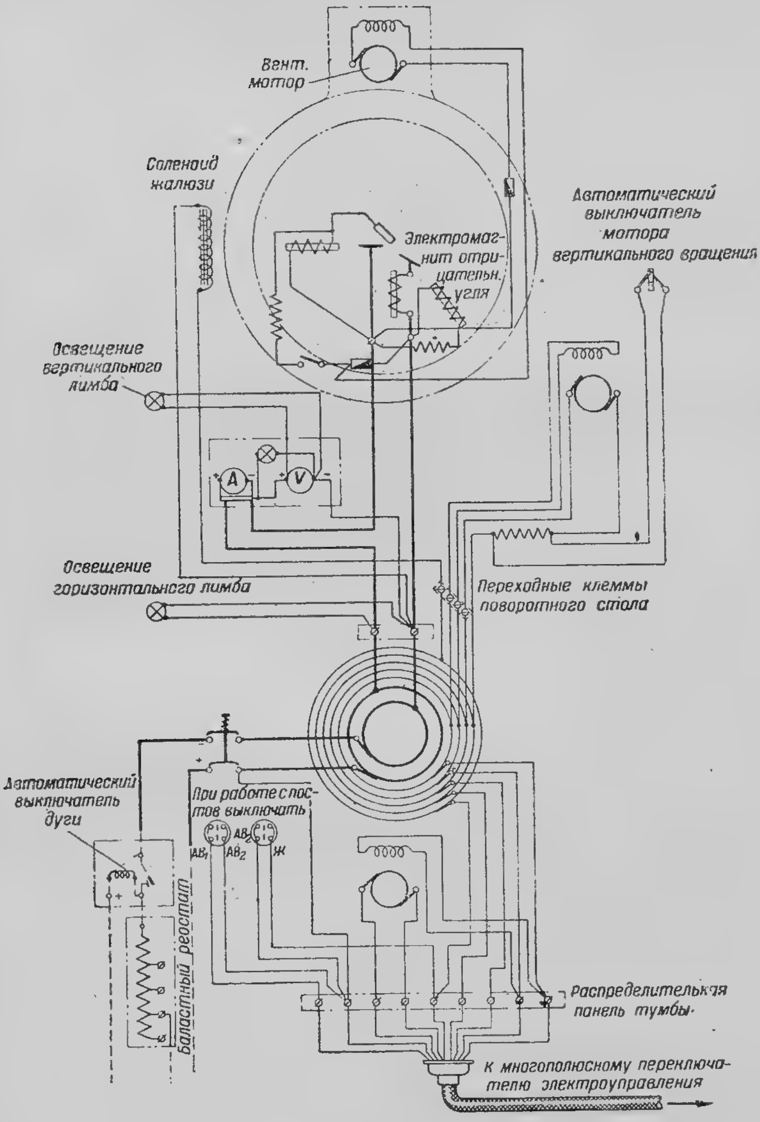


Рис. 157. Схема электрических соединений прожектора МПЭ-Э6,0-2 обр. 1938 г.

главного рубильника. Непосредственно к плюсу рубильника присоединён провод питания электромагнита жалюзи, соединённый с клеммой AB_2 (см. рис. 157) распределительной панели. От клеммы AB_2 провод идёт на выключатель жалюзи и затем на клемму *Ж* той же распределительной панели (этот выключатель установлен только на прожекторах, снабжённых постами типа

ППРМП). От клеммы через малые контактные кольца ток проходит в обмотку электромагнита жалюзи и от электромагнита к контактному кольцу, соединённому с минусом сети. Таким образом, при включённом выключателе жалюзи включение главного рубильника даёт открывание жалюзи, а выключение его — закрывание жалюзи. При желании закрыть жалюзи, не включая дугу, достаточно выключать выключатель жалюзи. К контактным кольцам цепи дуги, кроме того, присоединены провода питания лампы освещения горизонтального лимба и провод, идущий к минусу вольтметра. Основные провода питания дуги от контактных колец по лире направляются: минус непосредственно к вводным клеммам кожуха, а плюс в коробку измерительных приборов, а при выходе из неё—к вводной клемме кожуха. В коробке измерительных приборов установлены вольтметр на 140 *в* и амперметр на 300 *а* с наружным шунтом. Шунт амперметра включён последовательно в цепь питания положительного угля. К клеммам шунта, кроме амперметра, присоединён плюс вольтметра. К клеммам вольтметра, параллельно ему, присоединены лампа освещения шкал измерительных приборов и лампа освещения вертикального лимба. В цепи ламп освещения не имеется выключателей. Для затемнения ламп без выключения прожектора в арматуре ламп устроены шторки, которые поворачиваются посредством выведенных наружу пуговок у ламп освещения лимбов и барашка—у коробки измерительных приборов.

Последовательно в цепь питания положительного угля далее включён электромагнит мгновенного зажигания. К вводным клеммам кожуха через два предохранителя присоединены автомат дуговой лампы, электрическая схема которого приведена справа на рис. 154, и мотор вентилятора. В цепи питания якоря мотора вентилятора имеется добавочное сопротивление, которое служит для увеличения оборотов мотора, чтобы обеспечить необходимую вентиляцию.

Моторы, вращающие прожектор, питаются от самостоятельной цепи; оба мотора имеют независимое возбуждение. Возбуждение мотора механизма горизонтального вращения питается непосредственно от распределительной панели. Якорь этого мотора присоединён к клеммам $Г_1$ и $Г_2$ этой же панели. К клеммам „плюс“ и „минус“ и „$В_1$—$В_2$“ распределительной панели присоединены провода, соединённые с тонкими контактными кольцами, расположенными в тумбе. От колец „плюс“ и „минус“ питается возбуждение мотора вертикального вращения, а от остальных—якорь. В цепи провода $В_1$ последовательно включено добавочное сопротивление, шунтированное концевым выключателем. Назначение этого устройства следующее. Кожух прожектора имеет ограниченное вращение. Не доходя 5° до упоров, ограничивающих вращение кожуха в обоих направлениях, установлены дополнительные упоры, выключающие концевой выключатель. При этом в цепь якоря мотора вертикального вращения вводится добавочное сопротивление, так что если даже кожух

пройдёт до упора и мотор не будет выключен, он не сгорит, так как добавочное сопротивление удерживает ток якоря в пределах допустимого. Это сопротивление защищает мотор от опасного перегрева, одновременно сохраняя возможность выведения кожуха из крайнего положения посредством электрического управления. При действии добавочного сопротивления обратное вращение кожуха с упора может быть получено только с третьей скорости при постах управления ступенчатого типа. И только после того как кожух повернётся на угол 5° от упора, начнут действовать первая и вторая скорости.

Обратный контроль электрически не связан с остальными частями прожектора. Кабель обратного контроля у прожекторов обр. 1938 г. подходит к распределительной панели, а в тумбу прожектора заводится только часть проводников, которые через контактные кольца соединяются с датчиком обратного контроля вертикального вращения. Датчик горизонтального вращения установлен вне тумбы, и кабель, соединяющий его с соединительной коробкой, присоединяется непосредственно к нему вне прожектора.

Электромонтажная схема 60-*см* прожектора. На рис. 157 приведена схема прожектора МПЭ-Э6,0-2 обр. 1938 г. В прожекторе имеются: дуговая лампа с электромагнитом мгновенного зажигания, автоматический выключатель дуги, действующий точно так же, как у прожектора МПЭ-Э9,0-2, и два выключателя питания электромагнита жалюзи, которые выключаются при работе с поста управления типа ППРМП.

Электрическая схема постов управления типа ППРМП приведена на рис. 158. Питание электроуправления самостоятельное от постоянного тока с напряжением 110 *в*. Питание подаётся на ножи „+“ и „—“ двенадцатиполюсного переключателя. Отсюда, в зависимости от включения на тот или иной пост, питание будет подано на шинки *2* и *3* распределительной панели поста. К этим шинкам штепсельными вилками присоединяются провода питания обмоток возбуждения и якорей обоих моторов. С подвижных щёток этих моторов, через прерыватели AB_1 и AB_2 и кабель, напряжение подается на клеммы B_1, B_2 и $Г_1$, $Г_2$ двенадцатиполюсного переключателя, одноимённые с этими клеммами ножи которого связаны с якорями моторов вертикального и горизонтального вращения прожектора. Возбуждение этих моторов питается от клемм „+“ и „—“ соединительной панели в тумбе прожектора, связанных с ножами двенадцатиполюсного переключателя, которые включаются в контакты, соединённые с „+“ и „—“ сети питания.

В системе управления типа ППРМП питание электромагнита жалюзи осуществляется от сети дуги прожектора, а не от сети электроуправления. Это сделано с целью связать момент открывания жалюзи с включением дуги, а момент закрывания с выключением дуги, чтобы получить затемнение „красного луча“, т. е. луча, остающегося после выключения дуги, благодаря раскалённым, медленно остывающим концам углей. При описании схемы про-

жектора (см. рис. 154 и рис. 157) указывалось, что цепь питания жалюзи связана с цепью питания катушки электромагнита автоматического выключателя дуги.

Ручка педального ключа жалюзи при подготовке поста к работе должна стоять (как указано на схеме рис. 158 пунктиром) в положении „Жалюзи открыты". С педального ключа напряжение „+" будет подано на клемму *1* распределительной

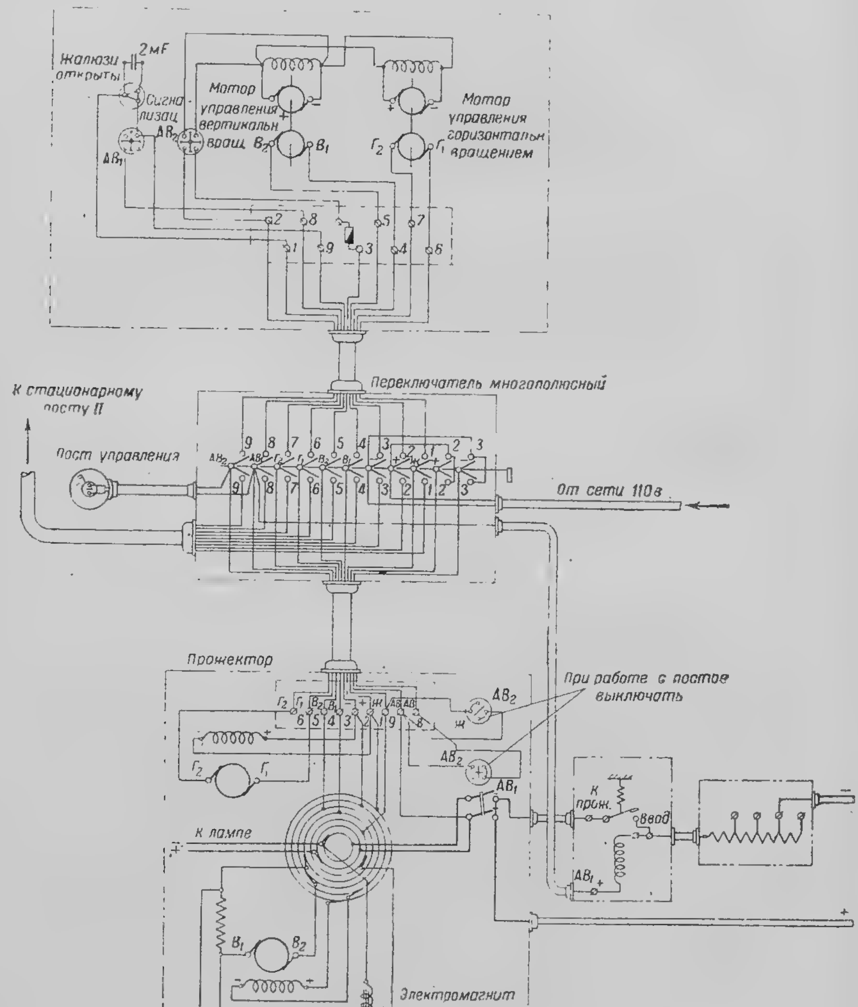


Рис. 158. Схема электрических соединений приборов системы управления типа ППРМП

панели поста, далее на нож *Ж* многополюсного переключателя и оттуда на клемму *ж* распределительной панели прожектора. Затем через контактное кольцо на щётку и на электромагнит жалюзи. Когда срабатывает автоматический выключатель дуги, то напряжение будет подано на главное контактное кольцо „—“, а следовательно, и на клемму электромагнита жалюзи. Цепь будет замкнута, электромагнит сработает и откроет жалюзи одновременно с появлением дуги или несколько раньше её.

Если мы выключим выключатель на посту управления с табличкой „Дуга выключена“, то мы прервём ток в катушке автоматического включателя дуги. Главные контакты разомкнутся, и дуга потухнет, и одновременно закроются жалюзи прожектора, закрывая „красный луч“. Если нам нужно сигнализировать с поста, то ручка педального ключа переводится в положение „Сигнализация“. Вслед за этим жалюзи закрываются, так как педальным ключом прерывается цепь питания электромагнита жалюзи. Если при таком положении ручки нажимать на неё, то цепь будет замыкаться, и жалюзи с каждым нажимом будут открываться, осуществляя тем самым сигнализацию лучом прожектора. По окончании сигнализации можно луч оставить закрытым или открыть, переводя ручку в положение, обозначенное табличкой „Жалюзи открыты“. Параллельно контактам ключа здесь также включён конденсатор на 2 *мкф*. В схеме имеются ещё два конденсатора по 2 *мкф*, включённые параллельно контактам кнопок „Стоп“ K_1 и K_2. Эти конденсаторы служат для уменьшения искрения на контактах кнопок. Следует заметить, что электрические схемы постов типа ППРМП для 60- и 90-*см* прожекторов принципиально одинаковы.

Электромонтажные схемы других прожекторов. На рис. 159 представлена схема электрических соединений французского 90-*см* корабельного прожектора, дуговая лампа которого была показана на рис. 117.

В этом случае питание дуги осуществляется через балластный реостат *27*, через муфты *25* и *23* и рубильники *26* и *22*. К плюсовой клемме рубильника *26* присоединён провод, подводящий напряжение к мотору вентилятора и к системе освещения прожектора, которые окажутся включёнными только после включения рубильника *26* и специального рубильника *22* в тумбе прожектора. От колец поворотного стола провод питания положительного угля идёт через шунт амперметра, установленного вместе с измерительными приборами на лире, через автоматический контактор питания дуги *12* и далее к вводной клемме кожуха прожектора. Провод питания отрицательного электрода проходит прямо от колец к вводной клемме кожуха и далее к электроду. На схеме этого прожектора бросается в глаза большое количество выключателей и рубильников, что усложняет эксплоатацию прожектора и снижает надёжность действия установки. Так, например, дуговая лампа может выключаться от концевых выключателей электродов *4* и *5*, аварийного выключателя *7*,

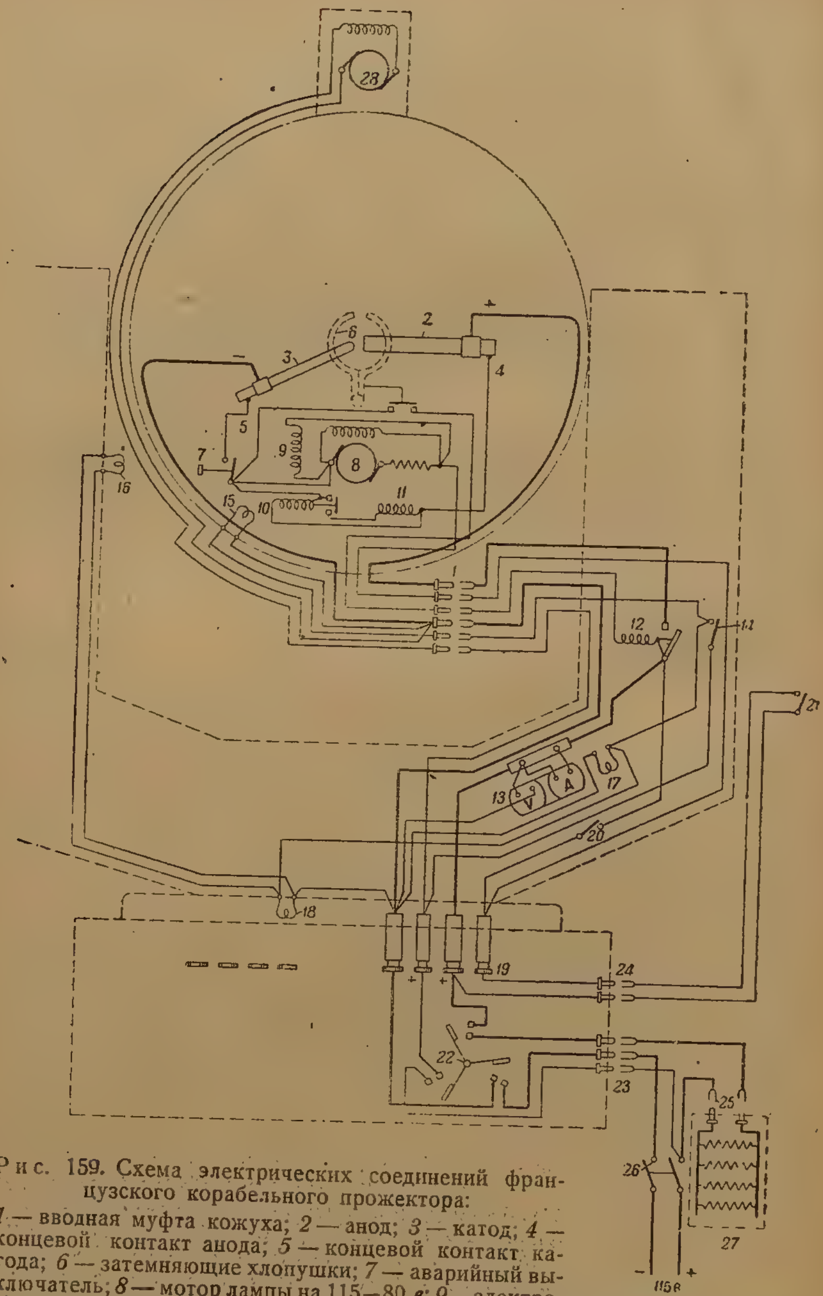


Рис. 159. Схема электрических соединений французского корабельного прожектора:

1 — вводная муфта кожуха; *2* — анод; *3* — катод; *4* — концевой контакт анода; *5* — концевой контакт катода; *6* — затемняющие хлопушки; *7* — аварийный выключатель; *8* — мотор лампы на 115—80 *в*; *9* — электромагнит, открывающий хлопушки; *10* — реле скорости подачи электродов; *11* — регулирующий электромагнит; *12* — контактор питания дуги; *13* — электроизмерительные приборы; *14* — выключатель освещения внутри ко-

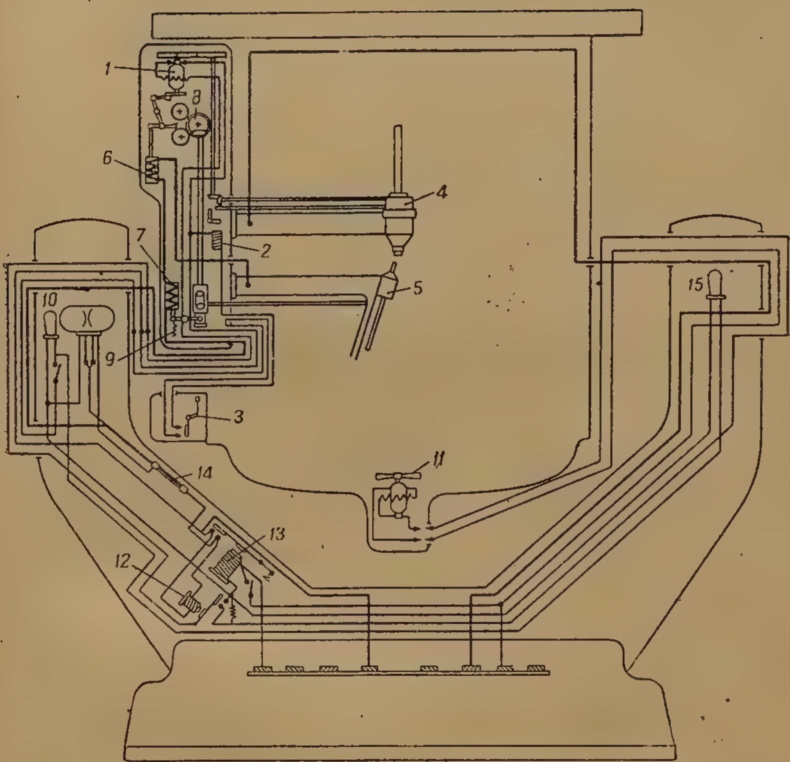


Рис. 160. Схема электрических соединений 90-*см* корабельного прожектора „Галилео“:

1 — мотор автомата дуговой лампы; *2* — реле термоконтакта; *3* — термоконтакт; *4* — положительная головка; *5* — отрицательная головка; *6* — реле регулирования дуги; *7* — реле мгновенного зажигания; *8* — механизм перемены направления подачи; *9* — пружина зажигания; *10* — вольтамперметр; *11* — вентилятор; *12* — реле включения осветительных ламп; *13* — реле включения дуги; *14* — шунт; *15* — лампа освещения вертикального лимба

жуха; *15* — лампа внутри кожуха; *16* — лампа освещения вертикального лимба; *17* — лампа освещения шкал электроизмерительных приборов; *18* — лампа освещения горизонтального лимба; *19* — контактные кольца поворотного стола; *20* — выключатель на лире; *21* — выключатель переносный; *22* — рубильник главный; *23* — муфта для присоединения прожектора; *24* — муфта для переносного выключателя; *25* — муфта коробки балластного сопротивления; *26* — рубильник питания прожектора; *27* — балластный реостат; *28* — мотор вентилятора на 115 *в*

контактора *12*, выключателя *20*, переносного выключателя *21* и рубильников *22* и *26*. Кроме того, могут оказаться ненадёжно соединёнными или разъединёнными муфты *1*, *23* и *25*; таким образом, цепь дуги может быть прервана в одиннадцати местах. В этом, конечно, нет особой необходимости.

Схему включения электромеханизмов дуговой лампы и действие их легко понять на основании изучения кинематической схемы лампы (см. рис. 117). Электродвигатели наводки прожектора на схеме не приведены.

На рис. 160 представлена схема электрических соединений 90-*см* корабельного прожектора „Галилео", общий вид которого был показан на рис. 86. В этом случае характерна особая установка дуговой лампы и вентилятора и, в связи с этим, необходимость иметь на цапфах кожуха контактные кольца. Электрическую схему дуговой лампы легко понять, зная принципиальную кинематическую схему лампы (см. рис. 116), описанную в параграфе 35. В других отношениях схема этого прожектора достаточно проста.

Щиты управления. На приведённых на рис. 159 и 160 схемах прожекторных установок не представлены щиты управления питанием прожектора, которые служат для контроля и регулирования работы прожекторного преобразователя. Такие щиты были показаны частично на схемах, описанных в параграфе 42 (см. рис. 146—149). Щит управления должен состоять из пускорегулирующей, защитной и измерительной аппаратуры.

Пускорегулирующая аппаратура может состоять из пускового реостата, реостата в цепи возбуждения контакторов и реле для включения установок с кнопками „Пуск" и „Стоп".

Защитная аппаратура может состоять из максимального реле, реле обрыва цепи возбуждения и предохранителей.

Измерительная аппаратура чаще всего состоит из вольтметра и амперметра, иногда включённых через универсальные переключатели, что позволяет пользоваться ими для измерения тока и напряжения в главной и вспомогательных цепях.

Все токоведущие детали прожекторных устройств должны быть надёжно изолированы от корпуса влагостойкой изоляцией. Изоляция в нагретом состоянии должна выдерживать в течение одной минуты напряжение 1 500 *в* переменного тока при частоте 50 *гц*.

Омическое сопротивление изоляции всего прожекторного устройства как в нагретом, так и в холодном состоянии при меняющейся влажности до $95 \pm 3\%$ и переменной окружающей температуре (от -25 до $+30°$) должно быть не ниже 0,25 *мгом*.

Электрические схемы современных дуговых корабельных прожекторов наиболее сложны в тех случаях, когда имеется система дистанционного электрического управления прожектором с приборами обратного контроля. Для удобства обслуживания и ремонта элементов электромонтажа прожектора часто всю внутрен-

нюю проводку на приборах выполняют проводами с цветными оплётками жил, причём цвет оплётки принимается один и тот же для всех проводов, обозначенных на схеме одним и тем же номером. Однообразие цвета оплётки проводов выдерживается иногда и для приборов одного и того же назначения, для приборов одного борта корабля и приборов, питаемых от одного и того же источника. Оплётка всех жил в многожильных кабелях делается также цветной в полном соответствии с расцветкой проводов внутреннего монтажа приборов. Длина кабельных линий зависит от расположения приборов в различных точках корабля и удаления их одного от другого и от источников питания.

45. Замечания об установке дуговых прожекторов на кораблях

Установка прожекторов. Прожекторы устанавливаются на всех современных военных кораблях; диаметр и количество прожекторов зависят от класса корабля и его вооружения. Линейные корабли могут иметь от 6 до 12 дуговых прожекторов диаметром от 90 до 150 *см*, крейсеры — от 3 до 10 прожекторов диаметром от 60 до 120 *см*, лидеры и эскадренные миноносцы — 2—4 прожектора диаметром 60—90 *см*.

Место для установки прожектора на корабле должно выбираться с расчётом:

— чтобы диаграмма углов действия одного прожектора приближалась к 360°, а начиная с двух прожекторов охватывала в сумме все 360° горизонта;

— при установке двух прожекторов побортно диаграммы углов действия должны перекрывать друг друга на 10° в направлении диаметральной плоскости как на носу, так и за кормой;

— прожекторы не следует подвергать разрушающему действию орудийных газов и воздушных волн от выстрелов, а воздействие дыма и горячих газов от дымовых труб должно быть наименьшим;

— прожекторы должны быть расположены на достаточной высоте над ватерлинией, и их лучи не должны мешать управлению кораблём и оружием;

— прожекторные устройства не должны оказывать влияния на магнитные компасы;

— должны быть обеспечены максимальная живучесть прожекторов и наивыгоднейшее тактическое использование их.

Прожекторы устанавливаются на кораблях на специальных площадках или мостиках около носовой и кормовой боевых рубок, на мачтах (прожекторные марсы), на площадках у подножия дымовых труб и на самих трубах, на площадках и мостиках выше боевой рубки, на навигационном мостике и в других местах. Высота установки прожекторов над ватерлинией у линейных кораблей колеблется от 15 до 35 *м*.

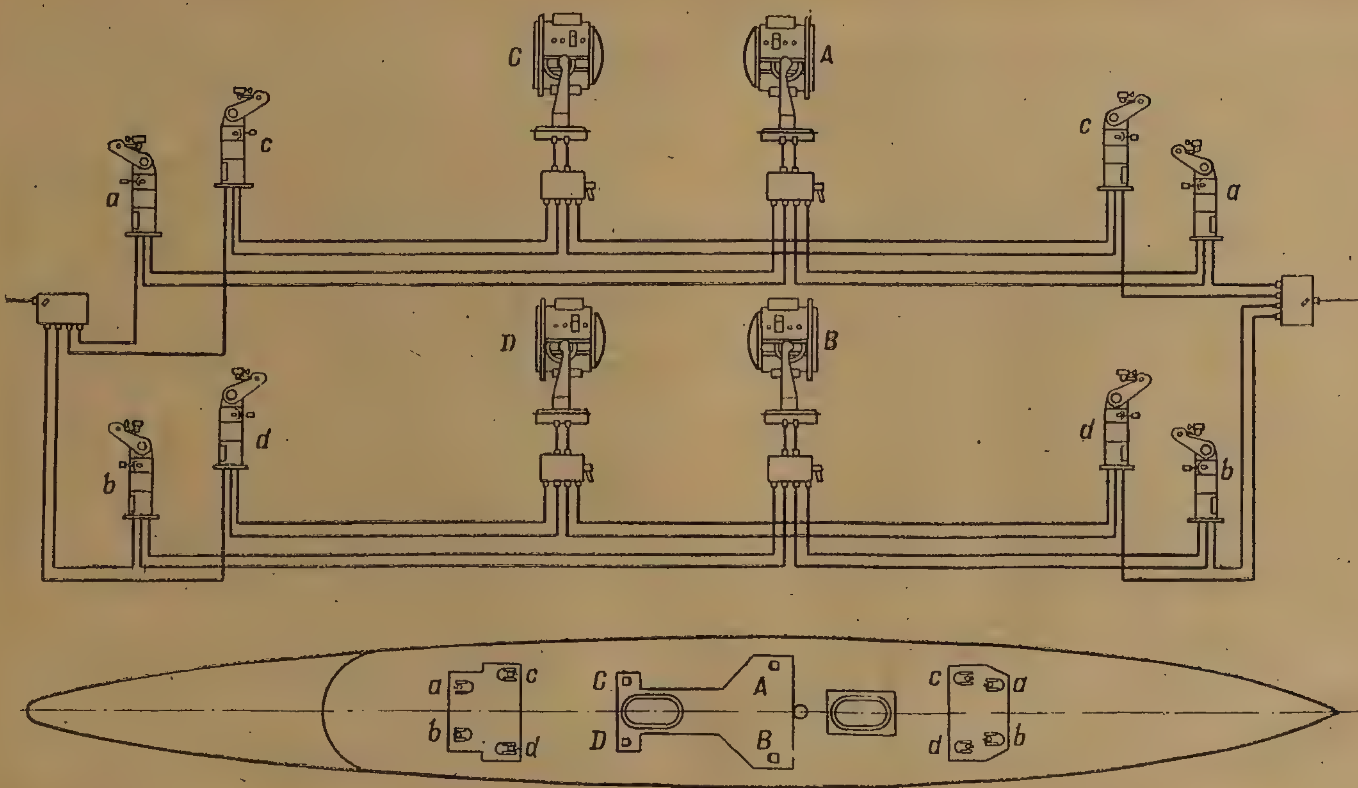


Рис. 161. Размещение прожекторов на крейсере (заглавными буквами обозначены прожекторы, строчными — посты управления)

Дуговой прожектор и питающие его кабели должны быть удалены от магнитного компаса на расстояние не менее 7 *м*.

На рис. 161 приводится схема установки четырёх 110-*см* прожекторов „Лоннекер" на крейсере. В данном случае прожекторы установлены попарно по обеим сторонам дымовой трубы и мачты корабля и имеют всего восемь постов наводки, установленных ближе к носовой и кормовой частям корабля.

На рис. 162 показана схема расположения немецкой корабельной прожекторной установки. Здесь прожектор установлен на прожекторном марсе, посты наводки установлены побортно, а питающие прожектор и систему управления умформеры установлены на средней палубе.

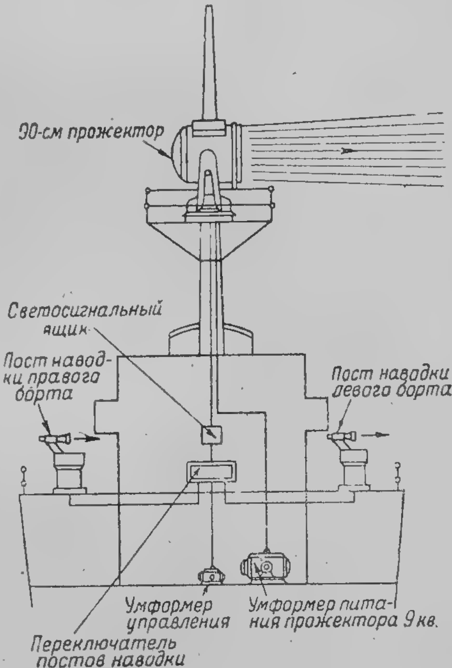


Рис. 162. Схема расположения немецкой корабельной прожекторной установки

Для увеличения дальности видимости светового сигнала и уменьшения демаскировки корабля рассеянным световым потоком прожектора последний следует устанавливать как можно выше.

Посты управления прожектором следует устанавливать на возможно наибольшем удалении от прожектора и так, чтобы направление освещения было по возможности близким к перпендикуляру к линии, соединяющей прожектор с постом управления. При таком расположении создаются наилучшие условия для наблюдения цели в луче прожектора с поста управления и дальность видимости цели увеличивается. Следует также стремиться к тому, чтобы цель, закрытая палубными надстройками для наблюдателя одного поста, была видна с другого поста. Посты управления должны быть связаны телефонной связью с местом расположения всех других приборов управления и с прожектором.

Крепление элементов прожекторной установки на месте осуществляется различно в зависимости от типа прожектора, его размеров и веса и от таких же данных приборов, входящих в комплект прожекторного устройства. Для прожекторов МПЭ-Э6,0-2 и МПЭ-Э9,0-2 расположение отверстий крепления, их

диаметр и необходимая ориентировка относительно оси корабля показаны на рис. 163. Прожектор МПЭ-Э6,0-2 крепится на месте пятью болтами диаметром $^1/_2$″, а прожектор МПЭ-Э9,0-2 четырьмя болтами диаметром $1^1/_4$″. Для защиты от резких сотрясений прожекторы должны устанавливаться на резиновых или пружинных амортизаторах. Кроме соблюдения ориентировки отверстий крепления прожекторов, необходимо закреплять прожекторы так, чтобы при всех возможных углах поворота в горизонтальной плоскости *0* вертикального лимба был согласован с *0* вертикальных лимбов других имеющихся на корабле приборов. После окончательного закрепления прожектора необходимо установить *0* подвижного горизонтального лимба в такое положение, чтобы при направлении луча прожектора параллельно оси корабля указатель горизонтального лимба показывал *0*.

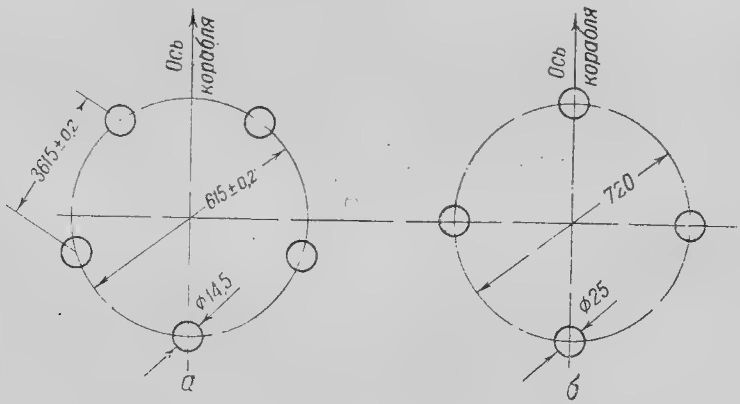


Рис. 163. Габариты крепления прожекторов:
а — 60-*см*; *б* — 90-*см*

Для крепления прожекторов по-походному, помимо имеющихся в поворотных столах пальцев, необходимо на месте установки прожектора иметь четыре талрепа, крепящихся за крюки рымов прожектора. Угол наклона талрепов к палубе должен быть возможно меньше.

Балластный реостат может быть установлен в любом месте, так как он не требует никакого ухода и никакого наблюдения во время работы. Желательно, чтобы он был защищён от воды при одновременном хорошем обдувании воздухом, необходимым ему для охлаждения.

Расположение и размер отверстий для крепления других элементов установки при системе управления типа ППРМП показаны на рис. 164. При установке всех приборов необходимо учитывать следующее. В местах установки постов управления, кроме указанных отверстий, следует предусмотреть пятое, центральное, отверстие для ввода сквозь трубу стойки кабеля, соеди-

няющего пост управления с остальными приборами. Контактор, входящий в комплект приборов поста ППРМП, должен крепиться на горизонтальной плоскости, обязательно основанием вниз. В случае крепления на переборке (вертикально) контактор должен быть расположен дверкой вниз.

В некоторых случаях прожекторные установки помещаются за броню, на дневное время они убираются в специальные ниши и казематы. Процесс этот должен быть простым и легко выполнимым.

Электромонтаж прожекторной установки на месте должен быть произведен в строгом соответствии с электрическими схемами.

Все приборы обычно изготовляются так, что для присоединения кабелей не требуется разборки, так как имеются съёмные крышки, штепсельные муфты и гнёзда. В каждом отдельном

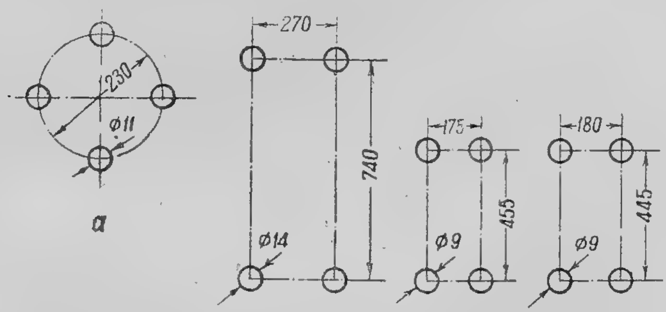


Рис. 164. Габариты крепления приборов управления типа ППРМП:

а — пост управления; *б* — балластный реостат; *в* — двенадцатиполюсный переключатель; *г* — автоматический выключатель дуги

случае электромонтажа следует следить за прочностью и надёжностью контактных соединений. К посту управления типа ППРМП кабель вводится через тумбу, и жилы его присоединяются к имеющейся в нижней части переходной панели. Для присоединения проводов не требуется наконечников; достаточно оголённую по длине на 10—12 *мм* жилу облудить и закрепить в пазах клеммы винтами. Для разгрузки этих соединений от веса кабеля он должен быть при выходе из трубы тумбы в нижнюю часть поста закреплён скобой. Для присоединения кабелей к двенадцатиполюсному переключателю необходимо отделить верхнюю часть переключателя от основания. Для этого необходимо отвернуть шесть гаек. После присоединения проводов к панели двенадцати-

полюсного переключателя коробку следует привернуть к основанию. Для присоединения проводов к контактору также необходимо снять крышку с основания. Присоединяя провода к панели девятиполюсного выключателя, необходимо дать запас длины проводов, позволяющий снимать в случае необходимости девятиполюсный переключатель для осмотра.

В дневное время, в нерабочем состоянии, корабельные прожекторы, установленные под открытым небом, накрываются прочными брезентовыми чехлами с ремнями для закрепления чехла; посты управления и все другие приборы управления должны также накрываться чехлами.

ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛОАТАЦИЯ КОРАБЕЛЬНЫХ ПРОЖЕКТОРОВ

Глава XI

ПОДГОТОВКА ПРОЖЕКТОРНЫХ УСТАНОВОК К ДЕЙСТВИЮ

46. Особенности подготовки к действию в зависимости от поставленной задачи

Корабельные прожекторы по назначению разделяются на два типа: прожекторы для дальнего боевого освещения и прожекторы для световой сигнализации. Дуговые прожекторы очень часто используются и для боевого освещения и для сигнализации, поэтому нет двух конструктивных разновидностей — прожекторов осветительных и прожекторов сигнальных.

Дальнее боевое освещение может быть предпринято с целью:

1) освещения цели во время её обстрела артиллерийским огнём;

2) целеуказания для контрольной наводки орудий и торпедных аппаратов;

3) ослепления противника;

4) установки световых завес.

Кроме того, корабельные прожекторы могут использоваться для освещения посадочных площадок для самолётов корабельной авиации и для обслуживания навигационных потребностей. Сигнализация лучом прожектора, как это указывалось в параграфе 23, может осуществляться различными способами. Сигнализация может производиться как днём, так и ночью. Таким образом, один и тот же прожектор следует готовить к действию, сообразуясь с поставленной задачей, и обязательно:

1) тщательно подготавливать все элементы установки к безотказному действию;

2) учитывать ожидаемую продолжительность работы прожектора без перерыва и продолжительность возможных перерывов;

3) избирать наиболее выгодный способ управления лучом прожектора (от того или иного поста управления или вручную) и предусмотреть участие и надёжность действия тех или иных приборов управления лучом, смонтированных на прожекторе или выполненных отдельно.

При выполнении ответственных задач боевого освещения готовить прожекторную установку к действию наиболее тщательно. В таких случаях необходимо не только перевести все механиз-

мы прожекторной установки из походного состояния в боевое, но также, если позволяет время, отведённое на подготовку, опробовать прожектор включением дуги при закрытых жалюзи или ирисовой диафрагме.

При низкой температуре окружающего воздуха следует прогреть механизмы прожектора, просушить обмотки электромеханизмов и проследить, чтобы не было конденсации влаги на отражателе и защитном стекле после включения лампы. Что касается системы управления, то при подготовке к боевому освещению необходимо добиться наиболее выгодных условий для наблюдения цели. Для этого следует пользоваться постами электрического управления, наиболее удалёнными от действующего прожектора, не ослеплять наблюдателя лучом и другими источниками света и применять светосильные бинокли. Все приборы системы управления должны действовать безотказно.

При подготовке прожекторной установки для сигнализации по азбуке Морзе или по особому коду следует проверить надёжность действия жалюзи или других устройств, прерывающих луч прожектора. Никогда нельзя забывать, что в условиях боевой обстановки световые сигналы могут быть перехвачены противником; поэтому следует избрать наиболее выгодный для нас способ сигнализации, затем тщательно навести прожектор на приёмник сигнала и пользоваться только таким отверстием диафрагмы, которое необходимо для передачи сигнала по назначению.

При подготовке корабельного прожектора к освещению площадки для посадки самолёта необходимо на световое отверстие надеть рассеиватель или расфокусировать прожектор и навести его на площадку. Во всех случаях, при наличии времени на подготовку, обязательно устранять все подмеченные ранее и вновь обнаруженные неисправности как самого прожектора, так и приборов прожекторного устройства.

В последующих параграфах этой главы будут даны указания по подготовке к действию двух типов корабельных прожекторных установок — МПЭ-Э9,0-2 и МПЭ-Э6,0-2, как типичных.

47. Операция по подготовке корабельной прожекторной установки к действию

Общие положения. При подготовке прожекторной установки к действию необходимо перевести её из походного состояния в боевое, т. е. освободить от крепления все необходимые приборы и механизмы и привести их в состояние готовности к пуску и включению. В большинстве случаев все операции по подготовке к действию приходится выполнять в кратчайшее время. Для этого необходимо, чтобы обслуживающий персонал в совершенстве знал материальную часть и свои обязанности. Задача командира прожектора так расставить людей и организовать их работу на механизмах, чтобы затраты времени на каждую опе-

рацию были минимальны, чтобы всё выполнялось согласованно и чётко, никто никому не мешал и не задерживал в работе.

Подготовка дуговых корабельных прожекторов к действию в основном слагается из следующих операций:

1. Снятие чехлов и талрепов, освобождение тормозных и стопорных устройств, закрепляющих прожектор в походном состоянии, осмотр приводных механизмов прожектора и приведение их в рабочее состояние.

2. Установка угольных электродов в дуговую лампу, осмотр её механизмов и подготовка их к включению.

3. Подготовка к включению преобразователя, питающего прожектор.

4. Приведение в рабочее состояние поста управления и других приборов системы управления лучом.

Приводные механизмы прожектора при подготовке к действию включаются на ручной или моторный привод, в зависимости от предстоящей работы прожектора. В некоторых случаях прожектор до открытия луча наводится в заданном направлении вручную при помощи монокуляра. Если последний был снят, то при необходимости он должен быть установлен на место. Иногда прожектор наводится предварительно в нужном направлении на основании данных пеленгирующих приборов или по данным, переданным с постов наблюдения. Если предстоит наводка прожектора от поста управления, то следует механизмы наведения переключить на моторный привод.

Необходимо, переключая механизм наведения, следить, чтобы переключение было выполнено правильно и надёжно.

Подготовка дуговой лампы состоит из установки углей, осмотра автомата и подготовки всех приборов для наблюдения за дугой и управления дуговой лампой.

При выполнении этой операции необходимо руководствоваться следующими правилами:

1. Если прожектор присоединён к источнику питания, необходимо перед установкой углей убедиться, что лампа не находится под током. Для этого необходимо проверить положение рубильника дуги на прожекторе: он не должен включаться до тех пор, пока все операции по подготовке лампы не будут закончены.

2. Угольные электроды для установки на лампу должны быть без пороков (целые, прямые, без трещин и царапин, сухие). При установке углей с ними следует обращаться осторожно во избежание поломки.

3. Прежде чем открыть внутреннюю полость кожуха, следует установить его в горизонтальное положение и закрепить в этом положении.

4. Во время установки углей следить за исправностью механизмов подачи, удалять крупные куски угля, скопления сажи и посторонние предметы с деталей головки лампы.

5. Не оставлять приспособлений для смены углей (ключи, шаблоны и др.) на деталях головки лампы.

Установка углей выполняется различно у прожекторов различных конструкций, но во всех случаях она должна происходить достаточно быстро и легко.

У прожектора МПЭ-Э9 0-2 угли устанавливают в дуговую лампу следующим способом. Когда кожух прожектора закреплён в горизонтальном положении и передняя дверца кожуха открыта, следует взять из кармана на поворотном столе ключи и шаблоны для установки углей и новые угли. При помощи отдельного ключа или ключа, установленного на каретке подачи положительного электрода, развести зубчатые ролики, как показано на рис. 165, вставить положительный уголь заострённым концом в отверстие спиральной шестерни и проталкивать его до тех пор, пока его конец не выйдет из отверстия радиатора. Посредством шаблона (рис. 166) установить положительный уголь так, чтобы выступающий из радиатора конец был равен величине



Рис. 165. Применение ключа для установки положительного угля



Рис. 166. Применение шаблона для установки положительного угля дуговой лампы

а — прожектора МПЭ-Э9,0-2; *б* — прожектора МПЭ-Э6,0-2

выреза шаблона. Снять ключ для разведения роликов и убедиться что зубья шестерён, вращающих ролики, вошли в зацепление Открыть заслонку на радиаторе и, нажав на конец рычага отрицательной головки, развести ролики отрицательной головки. Через вырез в радиаторе вставить отрицательный уголь тупым концом в отрицательную головку. Длина выступающего из отрицательной головки отрицательного угля должна быть такова, чтобы расстояние между концами положительного и отрицательного углей было равно 15—20 *мм* (на-глаз). Опустить рычаг отрицательной головки и закрыть заслонку радиатора.

На дуговых лампах прожекторов МПЭ-Э9,0 2 обр. 1938 г. установлен несъёмный ключ для разведения роликов положительного угля. В таком случае достаточно повернуть хвост ключа в направлении от радиатора, и шестерни подающих роликов будут разведены. После установки положительного угля нет необходимости ставить ключ в рабочее положение (т. е. шестерни сведены), так как при первом же обороте каретки это будет выполнено автоматически, посредством имеющейся на положительной головке направляющей.



Рис. 167. Применение шаблона для установки третьего электрода мгновенного зажигания

В качестве третьего электрода для мгновенного зажигания надо взять кусок отрицательного угля или его огарок длиной от конца ключа-шаблона (рис. 167) до второго уступа (65 *мм*).

Перед установкой третьего электрода следует запереть крючком рычаг электромагнита мгновенного зажигания; освободить при помощи ключа-шаблона зажимной винт держателя третьего электрода и вставить во втулку держателя приготовленный кусок отрицательного угля. У рабочего конца третьего электрода желательно запилить фаски. Уголь вставить во втулку так, чтобы выступающий из втулки конец его был не длиннее расстояния от конца ключа-шаблона до первого уступа на нём. Зажать ключом зажимной винт держателя так, чтобы вставленный уголь прочно сидел в последнем. Освободить рычаг электромагнита мгновенного зажигания.

Операция установки углей на этом считается оконченной Теперь следует закрыть переднюю часть кожуха, убедившись, что внутри кожуха не осталось никаких посторонних предметов. После этого следует открыть коробку автомата дуговой лампы и проверить положение кнопок „Ручное“ и „Автомат“, а также „Полуавтомат“ и „Автомат“ (рис. 168). Кнопка *27* (см. рис. 115), будучи передвинута в положение „Ручное“, запирает коленчатый рычаг в нейтральном положении, и отрицательный электрод

может подаваться от руки, штурвалом вперёд и назад; регулирование режима горения дуги должно производиться вручную. Кнопка *14* (см. рис. 115) выключает в положении „Полуавтомат" электромагнит термоконтакта, чем обеспечивается ускоренная подача положительного угля.

Первой кнопкой пользуются в том случае, когда дуговая лампа не отрегулирована на нормальный режим. Тогда, установив её на положение „Ручное", включают дугу при закрытых жалюзи или ирисовой диафрагме и производят регулировку, пользуясь гайкой *24* (см. рис. 115) или гайкой регулирования длины дуги (внизу справа на коробке автомата — рис. 168).

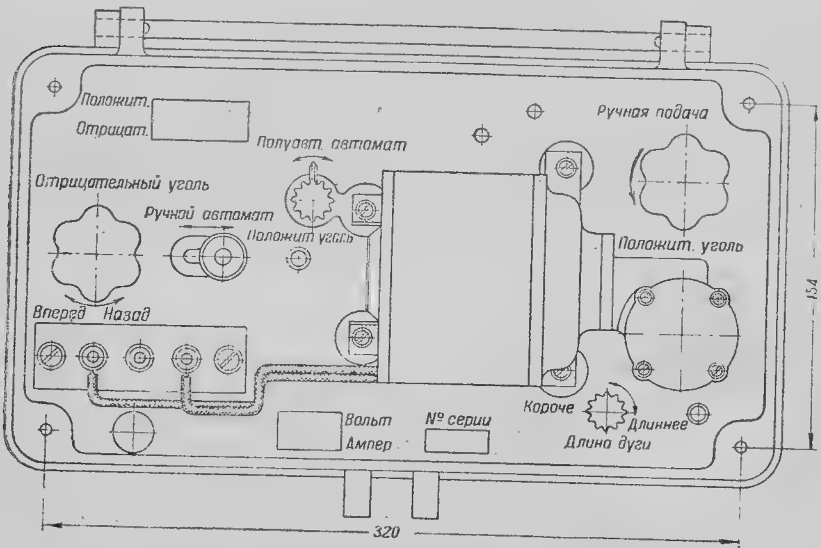


Рис. 168. Внешний вид коробки автомата дуговой лампы прожектора МПЭ-Э9,0-2

Порядок регулирования будет изложен в главе XIV.

Подготовка к действию дуговой лампы прожектора МПЭ-Э6,0-2 производится с соблюдением тех же правил. Положительный уголь устанавливается точно так же, как и в дуговой лампе прожектора МПЭ-Э9,0-2. Отрицательный уголь устанавливается следующим способом. Ползун отрицательного угля отводится на ходовом винте в крайнее нижнее положение, и отрицательный уголь вставляется тупым концом во втулку ползуна. После этого ползун опускают так, чтобы зуб ползуна вошёл во впадину ходового винта, а отрицательный уголь лёг на контактный выступ. Вращая ходовой винт, следует поднять ползун так, чтобы отрицательный уголь касался положительного, ибо мгновенное зажигание дуги при включении рубильника может произойти только при таком положении углей.

Подготовка источника питания и системы управления. Преобразователь, питающий прожектор, подготовляется к действию в большинстве случаев весьма просто. Следует открыть вентиляционные люки, убедиться в надёжности присоединения кабелей и хорошем прилегании щёток к коллектору и включить рубильник.

Посты управления типа ППРМП приводятся в рабочее состояние в следующем порядке. Осматривают выключатели поста; оба выключателя поста должны стоять в положении „Выключено". Педаль ключа управления жалюзи должна стоять в положении „Жалюзи открыты" или „Сигнализация", в зависимости от того, какую задачу будет выполнять прожектор. Если педаль находится в положении „Жалюзи открыты", то при зажигании дуги жалюзи на прожекторе раскрываются, а при выключении дуги будут закрыты, закрывая тем самым „красный луч". Если же педаль находится в положении „Сигнализация", то жалюзи будут открываться только при нажиме на педаль, а при опускании педали они будут закрываться. Убедившись в надлежащем положении выключателей и педали жалюзи, следует дать распоряжение о включении тока на электроуправление и о включении многополюсного переключателя на тот пост, с которого будет производиться работа.

Для предотвращения ошибок на крышке поста должен быть номер, соответствующий положению ручки многополюсного переключателя. Получив сообщение о готовности прожектора, включить выключатель поста и проверить по шуму моторов, что напряжение подано. Пользуясь телефонной связью, можно дать приказание проверить работу дуговой лампы и включить выключатель дуги.

Глава XII

ОБСЛУЖИВАНИЕ ПРОЖЕКТОРНЫХ УСТАНОВОК В ДЕЙСТВИИ

48. Обслуживание прожектора в действии

Работа исправных механизмов. Хотя большинство современных дуговых прожекторов имеет автоматические дуговые лампы, тем не менее действующий прожектор требует постоянного наблюдения. Необходимо наблюдать за работой лампы, за отражателем, вентиляционной системой и механизмами вращения прожектора. Сначала укажем некоторые общие правила обслуживания дуговой лампы и меры, которые следует принимать при нарушениях её нормальной работы.

Нельзя включать дуговую лампу, если нет уверенности, что она заправлена надлежащим образом. После включения дуги следует:

1. Наблюдать за приборами, измеряющими ток и напряжение на дуге, и проверять установившийся режим горения дуги. При новых угольных электродах режим дуги устанавливается через 15—20 секунд, при уже работавших углях — через 3—4 секунды. У прожектора МПЭ-Э9,0-2 режим дуги должен быть 78 ± 2 *в* и 150 ± 5 *а*, у прожектора МПЭ-Э6,0-2 режим должен быть 55 ± 2 *в* и 75 ± 5 *а*. Регулирование напряжения дуги производится вращением накатной гайки на коробке автомата „Длина дуги". Если напряжение мало, дугу следует удлинить, вращая гайку по часовой стрелке. Если напряжение велико, дугу следует укоротить, вращая гайку против часовой стрелки.

2. Проверять фокусировку лампы, т. е. убедиться, что изображение конца положительного угля на матовом стекле проекционного приспособления совпадает с нанесённой на нём риской. Если этого нет, то при помощи фокусирующего винта переместить лампу так, чтобы это совпадение произошло. Всё это следует проделать немедленно после включения, пока положительный уголь не успел ещё обгореть. В дальнейшем изменять фокусировку лампы фокусирующим винтом, если на то нет специального распоряжения, не следует. Наличие достаточного расстояния от кратера до радиатора проверяется путём наблюдения за совпадением изображения конца положительного угля с риской проекционного приспособления.

Для нормальной работы дуговой лампы необходимо, чтобы:

1. Работал мотор автомата, что определяется по его шуму, по пощёлкиванию положительной подачи (90 раз в минуту) или по прерывистому вращению маховичка ручной подачи положительного угля.

2. Работал мотор вентилятора.

3. Поддерживался всё время нормальный электрический режим горения дуги.

4. Положительный уголь вращался и подавался вперёд. Вращение его можно наблюдать через проекционное приспособление или через смотровое окно.

5. Работал термоконтакт, т. е. каждый раз, когда изображение конца положительного угля отстанет от риски проекционного приспособления на величину порядка 0,5 *мм*, включалась ускоренная подача положительного угля и при совмещении конца положительного угля с риской вновь осуществлялась замедленная подача.

Включение ускоренной подачи обнаруживается по периодическому учащению пощёлкивания автомата, сопровождающемуся ускоренным вращением маховичка ручной подачи положительного угля. Особенно важно, чтобы положительный уголь занимал нормальное положение при работе прожектора на углах возвышения, близких к 90°, так как отставание его, превышающее предел (0,5 *мм* по проекционному приспособлению), грозит оплавлением радиатора, что при работе на таких углах неизбежно влечёт за собой порчу отражателя.

6. При отклонении напряжения на дуге более чем на ± 2 *в* включалась подача отрицательного угля, что может быть замечено по вращению маховичка ручной подачи отрицательного угля. При этом необходимо следить, чтобы вращение маховичка ручной подачи отрицательного угля соответствовало перемещению конца отрицательного угля, наблюдаемому при помощи проекционного приспособления или через смотровое окно.

7. Дуга имела нормальный вид. Отрицательный уголь должен быть заострён, пламя не должно перемещаться по концу отрицательного угля и по кратеру положительного. Дуга должна гореть ровно, спокойно, бесшумно, кратер положительного угля должен иметь ровную кромку. Наблюдать за дугой следует при помощи проекционного приспособления или через смотровые окна с сине-красными стёклами, но не следует смотреть на дугу через переднее защитное стекло.

При необходимости сменить угольные электроды следует:

1) стремиться использовать угли полностью, но и не упускать момента, когда их надо сменить; угли плохого качества менять при всякой возможности;

2) сменять оба электрода одновременно во избежание оплавления одного из угледержателей при прекращении подачи;

3) при смене углей пользоваться пассатижами, которыми и удалять из угледержателей раскалённые огарки.

Остальные операции по смене угольных электродов производятся при выключенной лампе в той же последовательности, как и при установке углей в холодную лампу (см. параграф 47).

Устранение неисправностей во время работы. Когда нормальная работа дуговой лампы прожектора МПЭ-Э9,0-2 нарушается из-за неисправностей, легко устранимых на месте, следует поступать таким образом.

Если при включении дуги мгновенное зажигание не произошло, а это значит, что либо третий электрод не отошёл от отрицательного угля, либо дуга, образовавшаяся между третьим электродом и отрицательным углем, не перебросилась на основные электроды, либо третий электрод начал „стрелять“, т. е. непрерывно ударять об отрицательный уголь и т. п., а времени на выявление причин ненормальности и их устранение нет, то работа может производиться без мгновенного зажигания. При этом необходимо:

1) предупредив пост управления о перерыве в работе, выключить рубильник на тумбе прожектора;

2) открыть переднюю дверцу кожуха, предварительно застопорив его в походном положении;

3) накинуть крючок на рычаг электромагнита мгновенного зажигания;

4) закрыть кожух, отстопорить его и сообщить на пост управления о продолжении работы.

При включении дуги автомат сам произведёт её зажигание, с той разницей, что на образование дуги вместо 0,5—1 секунды потребуется 6—8 секунд. Дальнейшая работа на прожекторе будет протекать, как указано выше.

Если положительный уголь перестал вращаться и подаваться вперёд, в то время как маховичок ручной подачи положительного угля вращается, необходимо сменить угли. Если после смены углей положительный уголь всё же не подаётся и не вращается, то работу на прожекторе следует прекратить и произвести исправления, руководствуясь указаниями главы XIV.

Если положительный уголь не вращается и не подаётся вперёд и одновременно прекратилось вращение маховичка ручной подачи положительного угля, следует поворачивать кнопку ускорения подачи *14* (см. рис. 115) до тех пор, пока маховичок положительного угля не начнёт вращаться. Если при поворачивании этой кнопки доотказа вращения маховичка положительного угля всё же не происходит, то можно перейти на ручное управление лампой и путём вращения маховичка от руки стремиться удержать изображение конца положительного угля на риске матового стекла проекционного приспособления.

Если положительный уголь начинает отставать от риски матового стекла проекционного приспособления на величину, превышающую 0,5 *мм*, нужно подрегулировать термоконтакт. Если даже при явном замыкании контактов термоконтакта (в чём можно убедиться, вывернув винт *7*, см. рис. 110) ускоренной подачи

не происходит, производить ускоренную подачу, пользуясь кнопкой перевода на полуавтомат (см. рис. 115). Как только конец положительного угля поровняется с риской матового стекла, вновь перевести кнопку в положение „Автомат“. Повторять эту операцию каждый раз, когда положительный уголь отстанет от риски матового стекла.

Если при отклонении напряжения на дуге на величину, превышающую 2 *в*, начнёт вращаться маховичок подачи отрицательного угля, а отрицательный уголь останется неподвижным и напряжение на дуге будет продолжать расти, — сменить отрицательный уголь. Если после смены угля явление повторится, работу на прожекторе следует прекратить впредь до исправления.

Если при отклонении напряжения на дуге на величину, превышающую 2 *в*, не будет вращаться маховичок отрицательной подачи, а следовательно, и отрицательный уголь останется неподвижным, следует перейти на ручное управление отрицательным углем. Для этого ослабить кнопку *27* (см. рис. 115), передвинуть её в сторону „Ручное“ и, вращая от руки маховичок отрицательной подачи, поддерживать на дуге напряжение на 78 *в*. Для уменьшения напряжения на дуге вращать маховичок по часовой стрелке, для увеличения напряжения—против часовой стрелки.

Если кратер положительного угля начинает обгорать однобоко, причем каждый раз, когда более обгоревшая часть кратера обращена в сторону термоконтакта, последний срабатывает, усугубляя неравномерное обгорание, следует перевести при помощи кнопки *14* (см. рис. 115) подачу положительного угля с „Автомата“ на „Полуавтомат“ и держать подачу на этом режиме до тех пор, пока кратер не выравняется, после чего установить нормальную подачу. Во время работы с подачей на „Полуавтомате“ следить, чтобы конец положительного угля не обгонял риску на матовом стекле более чем на 0,5 — 1 *мм*.

Если остановился мотор автомата, управление лампой можно продолжать временно от руки, вращая маховички положительного и отрицательного углей. Положительный уголь надо стараться вращать равномерно, чтобы обеспечить правильное образование кратера, и удерживать конец его на риске матового стекла. Отрицательный уголь перемещать только для поддержания постоянного напряжения на дуге.

При работе дуговой лампы в таких условиях следует руководствоваться следующими правилами:

1. Все неисправности стараться подмечать быстро и, если можно, устранять их немедленно. Если же нельзя прерывать работу прожектора, то не забывать исправлять замеченные неисправности во время перерывов в работе.

2. К ручному управлению прибегать только в силу неотложной необходимости, так как при ручном управлении трудно добиться однообразного и надёжного горения дуги.

3. При плохом наблюдении за работой лампы возможно оплавление радиатора и попадание расплавленного металла на отра

жатель. Это ведёт к немедленному разрушению отражателя и в лучшем случае может окончиться только порчей его поверхности.

Если необходимо осветить цель, находящуюся на близком расстоянии, дефокусированным прожектором, то лампу перемещать следует быстро и немедленно по выборе рабочего положения лампы нанести карандашом на матовом стекле проекционного приспособления риску, соответствующую новому положению конца положительного угля. Затем следить за положением угля по этой новой риске. Надевать рассеивающую раму на световое отверстие прожектора следует при подготовке установки к действию.

Работа отражателя и механизмов привода. При работе следует наблюдать за отражателем и вентиляционной системой:

1. Мотор вентилятора должен начать работу сразу же по включении прожектора. Вентиляционная система должна полностью удалять из кожуха копоть и охлаждать детали кожуха.

2. Для предотвращения разрушения отражателя от неравномерного нагрева необходимо перед длительной работой прожектора предварительно прогреть отражатель. Для этого необходимо включить прожектор на 5—10 минут, затем выключить минут на 5; отражатель прогревается путём перераспределения тепла.

3. При низкой температуре окружающего воздуха, при дожде или холодном ветре не следует открывать люк в кожухе прожектора во избежание резкого охлаждения отражателя, что может явиться причиной его разрушения.

Разрушение отражателя влечёт за собой выход из строя дорогого имущества, и прожекторная установка становится на некоторый период времени не вполне работоспособной, потому что замена отражателя требует времени и специальных приспособлений.

Наблюдая за механизмами вращения прожектора, добиваться плавной наводки луча и следить, чтобы не было излишнего шума и постукивания в приводных механизмах, сильного искрения на щётках электродвигателей и на контактных кольцах.

В процессе работы прожектора иногда требуется перейти от освещения цели на сигнализацию или наоборот. Если производилось освещение, то жалюзи были открыты и при переходе на сигнализацию их надо закрыть, т. е. переставить педальный ключ жалюзи на посту управления типа ППРМП из положения „Жалюзи открыты" в положение „Сигнализация"; тогда можно, нажимая на педаль, закрывать и открывать жалюзи, передавая сигналы. Переход с сигнализации на освещение состоит в переключении ключа жалюзи из положения „Сигнализация" в положение „Жалюзи открыты".

Для прекращения работы прожектора необходимо:

1) выключить рубильник на тумбе прожектора;

2) вынуть из лампы угли и очистить кожух от пыли, обломков углей и пр., протереть отражатель и защитное стекло, очистив их от продуктов горения дуги;

3) поставить оба выключателя на тумбе прожектора в положение „Выключено“;

4) поставить кнопки *14* и *27* (см. рис. 115) автомата лампы в положение „Автомат“ (на лампе прожектора МПЭ-Э9,0-2);

5) закрыть крышку автомата (тоже только на МПЭ-Э9,0-2);

6) поставить механизмы горизонтального и вертикального вращения в положение „Ручное“;

7) на прожекторах МПЭ-Э9, 0-2 обр. 1937 г. снять монокуляр; на этих же прожекторах обр. 1938 г. монокуляр может быть оставлен на месте;

8) закрепить кожух и поворотный стол по-походному;

9) закрепить прожектор талрепами;

10) надеть на прожектор чехол.

49. Обслуживание системы управления и системы питания прожектора в действии

Обслуживание системы дистанционного электрического управления прожектором сводится к наведению луча путём включения электродвигателей наводки прожектора поворотом рукоятки контроллера поста управления или штурвалов поста управления типа ППРМП. С поста управления производятся также включение и выключение дуги, закрывание и открывание жалюзи при сигнализации.

Наводить луч прожектора на объект освещения или на приёмник сигнала можно различными способами, в зависимости от поставленной задачи. Если необходимо произвести поиск цели лучом прожектора, то лучше всего перемещать луч кратковременно, в пределах некоторого небольшого интервала, чтобы не раскрыть своего положения. Лучше всего вначале навести прожектор в направлении вероятного или действительного положения цели при помощи приборов-искателей. Приборы-искатели электрически передают пространственное положение цели, характеризующееся двумя угловыми величинами, на дающие приборы целеуказания, а от этих последних — на приборы совмещения, находящиеся в непосредственной близости к постам управления

По приборам совмещения производится наводка луча прожектора в заданном направлении. Это может производиться одним из следующих способов: путём совмещения стрелки приёмника от датчика обратного контроля, установленного на прожекторе, со стрелкой приёмника от датчика целеуказания или путём возвращения стрелки принимающего целеуказания на нуль. Когда прожектор будет наведён в направлении, указанном прибором-искателем, зажигается луч и производится поиск перемещением луча в пределах тех угловых интервалов, которые характеризуют величину ошибки, допущенной при наведении прожектора на цель. При поиске луч прожектора должен перемещаться плавно, без рывков, во избежание безуспешных мазков луча по цели. Когда цель будет замечена

в луче, её следует удерживать в зоне освещения так, чтобы она всё время находилась на кромке луча, ближайшей к наблюдателю, которому необходимо эту цель видеть.

Для постановки световой завесы также выгоднее сначала навести прожектор, не зажигая луча, а затем дать луч именно тогда, когда надо скрыть за лучом те или иные объекты.

Наводить прожектор для передачи сигналов можно при помощи монокуляра, если через его оптическую систему виден приёмник сигнала, при помощи приборов целеуказания, получая от них угловое пространственное положение приёмника сигнала, или установкой луча неподвижно в произвольно выбранном направлении с углом подъёма в вертикальной плоскости, близким к 90°.

Тот или иной способ наводки выбирается в зависимости от принятого способа сигнализации. После того как луч наведён на приёмник сигнала, с поста управления производят сигнализацию по азбуке Морзе, пользуясь ключом жалюзи.

При работе преобразователя, питающего прожектор, следует следить за его температурой, отсутствием искрения щёток и прислушиваться к шуму электрических машин.

При прекращении работы на постах управления типа ППРМП необходимо выполнять следующие операции:

1. Выключить выключатель дуги.
2. Выключить выключатель поста.
3. Дать распоряжение на прожектор о прекращении работы.
4. Если производилась сигнализация, поставить ручку педального ключа жалюзи в положение „Жалюзи открыты".
5. Дать распоряжение выключить многополюсный переключатель.

Прекращение работы преобразователя производится выключением его питания.

Глава XIII

СБЕРЕЖЕНИЕ КОРАБЕЛЬНЫХ ПРОЖЕКТОРНЫХ УСТАНОВОК И УХОД ЗА НИМИ

50. Наблюдение за наиболее ответственными деталями и механизмами установки

Все ответственные детали и механизмы прожекторной установки должны находиться под постоянным наблюдением лиц, обслуживающих данную установку во время её боевой работы. Кроме того, следует периодически производить технический осмотр всех приборов для постоянного и планомерного контроля состояния материальной части. Технический осмотр[1] может производиться с целью проверки состояния материальной части после ремонта или перед ремонтом и с целью определения категорийности оборудования. Каждая прожекторная установка после монтажа на корабле испытывается непрерывной работой в течение $2^1/_2$ часов, и все данные этих испытаний записываются в формуляр данной установки. Периодический технический осмотр может сопровождаться испытанием тех или иных приборов и всей установки в действии. При таких осмотрах необходимо произвести следующие операции:

На прожекторе:

1. Проверить плавность вращения поворотного стола кожуха на лире при ручном управлении и от поста. Проверить лёгкость и надёжность переключения с ручного управления на моторное и обратно.
2. Проверить исправность и работу датчиков обратного контроля.
3. Открыть люк поворотного стола и осмотреть состояние контактных колец, проверить целость пружин щёткодержателей.
4. Осмотреть электропроводку снаружи и внутри кожуха.
5. Проверить наличие шаблона положительного угля и ключа третьего электрода.
6. Проверить состояние радиатора дуговой лампы, состояние изоляционных прокладок на головке лампы и плотность контактов на лампе.

---

[1] Задачи, периодичность и порядок проведения осмотра устанавливаются особыми корабельными инструкциями.

7. Проверить ручную подачу угольных электродов.

8. Проверить фокусировку лампы по рискам на салазках кронштейна.

9. Проверить действие пружины соленоида мгновенного зажигания и положение третьего электрода.

10. Проверить включение термоконтакта и третьего электрода.

При проверке под током следует:

— включая и выключая дугу, проверить положение изображения положительного угля относительно риски проекционного приспособления, а также проверить действие механизма мгновенного зажигания;

— проверить работу автомата лампы на отсутствие неисправностей и на поддержание постоянного электрического режима горения дуги;

– проверить работу вентиляционной системы.

На посту управления:

1. Убедиться в исправности действия моторов управления (пост ППРМП).

2. Убедиться в надёжном возвращении рукоятки или штурвалов поста в нейтральное положение.

3. Снять верхнюю крышку поста и осмотреть состояние контактов на панелях коммутатора, щёток и щёткодержателей.

4. Проверить состояние контактов внутреннего монтажа поста.

На преобразователе:

1. Открыть вентиляционные люки и проверить, нет ли пыли и сырости на коллекторе и обмотках.

2. Проверить состояние вводных контактов и плотность их крепления.

3. Осмотреть распределительный щиток — проверить чистоту контактов (отсутствие нагара), целость предохранителя.

4. Включить преобразователь и проверить его работу под нагрузкой (отсутствие сильного искрения, вредного шума и стуков). Следует прослушать преобразователь через стетоскоп.

При техническом осмотре установки следует проверить наличие и исправность ЗИП и записи в формуляре прожекторной установки.

51. Чистка деталей и механизмов прожекторной установки

Чистка отражателя и защитного стекла. Отражатель и защитное стекло следует чистить тотчас же после окончания работы (в крайнем случае, не позже чем через сутки), так как грязные стёкла менее прозрачны и сильно понижают световой эффект прожектора. Загрязнение отражателя и защитного стекла происходит в основном от того, что на них оседают продукты горения дуги — сажа и окислы редких земель; последние в виде белого налёта оседают в большом количестве на верхнюю часть защитного стекла. Если этот белый налёт не удалить своевре-

менно, то в дальнейшем снимать его чрезвычайно трудно. Необходимо каждый раз после работы удалять его сухой марлей или ватой до того, как отражатель и защитное стекло остынут.

Отражатель и защитное стекло следует чистить таким способом. Сначала смахнуть с отражателя сухой кистью пыль, не прижимая сильно кисть и проводя ею от центра к кромкам отражателя. Затем на отражатель (или защитное стекло) мягкой губкой или ватой нанести слой спирта-ректификата или жидкости следующего состава: $^1/_5$ часть (по объёму) отмученного мела[1] и $^4/_5$ частей 30% раствора винного спирта (96°) в воде. Этот состав хранится в ЗИП прожекторной установки (у прожекторов МПЭ-Э9,0-2 и МПЭ-Э6,0-2 в двухлитровом бидоне) и называется „жидкостью для чистки отражателя". Перед употреблением состав необходимо взболтать.

Раствор следует наливать на вату, завёрнутую в марлю, и осторожно тонким слоем наносить на отражатель. Затем дать составу немного подсохнуть (но не до полного высыхания) и протереть отражатель куском чистой марли, ваты или байки насухо. Протирать отражатель следует по возможности чистым материалом, без каких-либо твёрдых вкраплений, могущих поцарапать стекло. Протирание можно производить в любом направлении, не следует лишь сильно нажимать и долго тереть по одному и тому же месту. Если после чистки на отражателе останутся пятна, следует смыть их чистым спиртом. Защитное стекло следует чистить с обеих сторон.

В зимних условиях отражатель и защитное стекло следует чистить спиртом.

Для чистки отражателя прожектора МПЭ-Э9,0-2 достаточно открыть раму, а у прожектора МПЭ-Э6,0-2 — переднюю дверцу кожуха. Для чистки защитного стекла в прожекторах, не имеющих съёмной рамы, следует при открытой передней дверце протирать внутреннюю поверхность стекла, пропуская руку между пластинами открытых жалюзи. Протирать нужно осторожно, чтобы не погнуть пластины жалюзи и не нарушить их регулировку. Прожекторы, имеющие съёмную раму защитного стекла, чистить лучше всего, сняв эту раму. Для снятия рамы прожектора МПЭ-Э9,0-2 следует отвернуть при помощи маховичков четыре винта, которыми она крепится к переднему кожуху. Взявшись за рукоятки рамы, слегка приподнять её, чтобы снять с имеющихся на переднем кожухе крючков и опустить на пол. Не следует класть раму выпуклой стороной стекла вниз. Лучше всего уложить её выпуклой стороной стекла вверх или, в край-

---

[1] *Отмученным мелом* называется меловой порошок, полученный следующим способом. Измельченный мел взбалтывается в воде, после чего составу дают отстояться в течение 3—4 минут; затем воду с мела сливают и остаток выпаривают. Оставшийся после выпаривания меловой порошок и есть отмученный мел.

нем случае, поставить на ребро, уперев в стену или другой предмет рамой, но ни в коем случае не стеклом. Для установки рамы на место её следует сперва повесить на крючки, а затем уже завёртывать винты крепления. Если прожектор снабжён металлическим отражателем, последний также должен подвергаться чистке. Наружный отражающий слой металлического отражателя находится непосредственно под механическим воздействием движущихся в кожухе частиц и под химическим воздействием газов, поэтому уход за ним должен быть очень аккуратным и тщательным.

Перед тем как протирать металлический отражатель, с него следует сначала смести пыль плоской щёткой, изготовленной из мягкого волоса (из меха или перьев), затем протереть ватой, смоченной бензином 1-го сорта. Вату и кисть следует оберегать от попадания на них каких-либо металлических частиц, могущих поцарапать отражающую поверхность отражателя.

Уход за рассеивающими линзами и чистка их ничем не отличаются от ухода и чистки защитных стёкол.

Чистка головки лампы. При уходе за головкой лампы основное внимание следует обращать на чистку контактных поверхностей щёток и контактных пластин отрицательной части головки. Кроме того, необходимо содержать в чистоте валики и шестерёнки, а также следить за чистотой слюдяной изоляции.

Контактные поверхности желательно чистить после каждой ночной работы, во всяком случае не реже чем через каждые 8—10 часов работы. Для чистки контактных поверхностей щёток нужно вынуть из гнёзд одной из щёток концы тяги, снять щётку со штифта, на котором она установлена на площадке положительной части головки, раскрыть обе половины щётки и тряпкой, смоченной в бензине, протереть контактные поверхности так, чтобы смыть весь нагар и получить чистую, блестящую медную поверхность. Прочистив, поставить щётку на место и завести концы тяги в углубления на щётке; при этом не следует сильно разводить концы тяги. Затем проделать то же самое со второй щёткой. Снимать обе щётки одновременно не рекомендуется.

Для чистки контактных поверхностей отрицательной головки нажать на рычаг, раскрыть головку и намотанной на деревянную палочку и смоченной в бензине тряпочкой промыть контактные пластины до получения чистой, блестящей поверхности. Если после промывания бензином всё же останется нагар как на щётках, так и на пластинах отрицательной головки, его можно счистить при помощи мелкой стеклянной бумаги (№ 00). Пользоваться стеклянной бумагой следует осторожно.

После 12—15 часов работы следует промывать бензином все валики и шестерни как положительной, так и отрицательной головки, чтобы удалить отработанную смазку. После этого необходимо вновь произвести смазку. Слюдяная изоляция лампы

всегда должна быть очищена от угольной пыли. Продувание изоляции следует производить после каждых 2—3 часов работы. Также необходимо очищать от угольной пыли отверстие радиатора лампы, служащее для прохода положительного угля.

При промывке лампы бензином следует избегать попадания бензина на изоляцию.

Уход за автоматом лампы сводится к наблюдению за его регулировкой и смазкой и за надёжным присоединением наконечников проводов к клеммам. Нельзя допускать попадания масла на электропроводку.

Чистка контактных колец. Контактные кольца прожектора, как большие, так и малые, должны всегда содержаться в чистоте. Чистить их следует тряпочкой, слегка смоченной в бензине. Главные (большие) контактные кольца следует чистить через люк верхнего диска поворотного стола. Для чистки колец обратного контроля следует снять крышку, закрывающую коробку колец. В прожекторах МПЭ-Э9,0-2, выпущенных до 1937 г., контактные кольца обратного контроля установлены над контактными щётками, поэтому чистить их можно, лишь разобрав весь этот узел. В прожекторах, в которых кольца установлены под щётками, чистка контактных колец не требует разборки.

Особое внимание следует обращать на то, чтобы в промежутках между кольцами не скапливалась пыль или не оставались какие-либо посторонние предметы. Кольца до закрытия надо тщательно продуть мехами или сжатым воздухом. Если после чистки главных контактных колец при вращении прожектора будет слышен писк от трения щёток о кольца, последние можно слегка смазать вазелином при помощи тряпочки.

Чистка коллекторов моторов прожектора и поста управления. После каждых 40—50 часов работы необходимо чистить коллекторы моторов, установленных на прожекторе (мотор вентилятора, мотор автомата, моторы механизмов вертикального и горизонтального вращения) и в постах управления типа ППРМП.

Как правило, коллектор нужно протирать тряпкой, слегка смоченной в бензине. Если после этого на коллекторе всё же остаются следы нагара, коллектор следует прочистить стеклянной шкуркой (№ 00 или 000) так, чтобы равномерно отшлифовать всю поверхность коллектора. После чистки мотор следует тщательно продуть, чтобы удалить образовавшуюся медную пыль.

Для доступа к мотору вентилятора следует отвернуть гайки, крепящие кожух вентилятора к кожуху прожектора, и снять кожух вентилятора. Коллектор на моторах вентилятора расположен на конце, противоположном выходящему валику. Для доступа к нему достаточно снять закрывающий его кожух,

закреплённый одним винтом, расположенным рядом с крышкой заднего подшипника мотора.

Коллекторы рекомендуется чистить стеклянной бумагой, навёрнутой на деревянную соответствующей ширины колодку, имеющую выемку в виде сегмента несколько большего радиуса, чем радиус коллектора. Если коллектор подработался и получил овальную форму, то его следует проточить на токарном станке. Если на коллекторе между пластинами выступает слюда, то коллектор надо продорожить, т. е. пропилить слюду на глубину до 1 *мм*.

Притирать щётки к коллектору следует, закладывая стеклянную бумагу (№ 00) между щёткой и коллектором, двигая щётку взад и вперёд до тех пор, пока она не пришлифуется всей плоскостью.

Коллектор динамомашины, питающей прожектор, чистится таким же способом.

Чистка контактов автоматического рубильника. После каждой работы следует проверять состояние контактов автоматического выключателя, входящего в комплект постов управления типа ППРМП. На контактах не должно быть оплавлений, нагара и т. п. В случае таких повреждений контакты должны быть зачищены стеклянной бумагой. В случаях серьёзных повреждений контакты следует заменять запасными.

Кроме чистки специальных узлов и деталей прожекторной установки, необходимо выполнять следующее:

1. Вся установка должна постоянно содержаться в чистоте.

2. На подшипниках, зубчатках (в особенности в механизме лампы) и всех трущихся частях не должно быть пыли, грязи, влаги и т. п.

3. Все электрические контакты и все наружные поверхности изолирующих деталей должны быть чистыми, блестящими, без следов масла, пыли и влаги.

4. Следует каждый раз после работы прожектора тщательно очищать прожектор изнутри, удаляя угольную пыль и продукты горения дуги (в особенности в головке лампы). Подвижные щётки поста управления типа ППРМП, панели и скользящие контакты коммутаторов постов ступенчатого типа требуют постоянного наблюдения, так как их износ вначале внешне никак не сказывается, но может привести к серьёзной аварии. Необходимо через каждые 50 часов работы проверять состояние этих механизмов. Подвижные щётки постов ППРМП должны всегда иметь определённую форму: щётки питания мотора — правильного четырёхугольника, а щётки управления, стоящие на подвижной траверзе, должны быть с рабочего конца запилены так, чтобы ширина контактной части была не более 4 *мм*. Контакты коммутаторов не должны иметь нагара. При наличии несмываемого нагара можно применять очистку стеклянной бумагой (№ 00). В случае обнаружения сильного подгорания контактных поверхностей заменять изношенные детали запасными.

52. Смазка деталей и механизмов прожекторной установки

Смазка прожектора. На прожекторе необходимо аккуратно смазывать головку дуговой лампы, автомат лампы, поворотные механизмы.

Все трущиеся части головки лампы смазываются графитовой смазкой. Смазку надо накладывать тонким слоем так, чтобы не было избытков, могущих попасть на изоляцию лампы и нарушить её. Смазку следует возобновлять после каждых 12—15 часов работы, предварительно промыв трущиеся части.

Графитовая смазка состоит из графитового порошка, растёртого на тяжёлом машинном масле до консистенции технического вазелина. Масло для изготовления графитовой смазки следует выбирать устойчивое при нагреве (типа автол).

Автомат лампы нужно смазывать костяным маслом или лёгким машинным маслом лучшего качества. Смазывание производится при помощи маслёнки-пипетки через специальные отверстия. Этих отверстий на автомате прожектора МПЭ-Э9,0-2 всего 5. При смазывании не следует вынимать из этих отверстий вложенные в них войлочные фильтры. Автомат смазывать через каждые 20—30 часов работы.

Червячную передачу мотора автомата лампы нужно смазывать тавотом лучшего качества. Тавот нужно заменять после каждых 100 часов работы. Для этого отвернуть отвёрткой четыре винта, крепящих крышку коробки червячной передачи. Удалить из коробки старую смазку, тщательно вытерев все части ватой или марлей, намотанной на деревянную палочку. Набить коробку свежим тавотом. Поставить крышку на место, следя за правильностью установки и сохранностью имеющейся прокладки.

Механизмы вращения прожектора смазывать тавотом. Возобновлять смазку достаточно один раз в год, предварительно очистив детали механизмов от загустевшей прежней смазки. Доступ к механизмам ясен из описаний, приведённых выше. Для облегчения работы более нагруженный механизм горизонтального вращения должен смазываться дополнительно.

В прожекторах МПЭ-Э9,0-2 обр. 1938 г. предусмотрена возможность добавления жидкой смазки (лёгкое машинное масло). Для этого через люк в поворотном столе при помощи маслёнки-пипетки вводится смазка в имеющееся в торце валика механизма отверстие. Это добавление следует производить после каждых 100 часов работы.

В прожекторах обр. 1938 г. на механизме предусмотрена тавотница, к которой есть доступ через люк в поворотном столе. Набивку тавотницы производить через каждые 100 часов работы. Набивку тавотниц, установленных на подшипниках цапф барабана прожектора, следует производить через каждые шесть месяцев работы прожектора. Подшипники, на которых устано-

влен поворотный стол прожектора, следует смазывать тавотом не чаще одного раза в год.

Для доступа к этим подшипникам необходимо:

1) снять крышку с контактных колец обратного контроля;

2) у прожекторов, имеющих контактные щётки под кольцами, снять траверзу, несущую щётки, предварительно отключив подходящие к этим щёткам провода;

3) снять контактные кольца, отвернув восемь винтов, которыми центральная металлическая втулка диска колец крепится к торцу штыря прожектора, предварительно отключив подходящие к контактным кольцам провода;

4) отвернуть 12 болтов, крепящих коробку контактных колец к поворотному столу;

5) сняв коробку, открыть тем доступ к подшипникам.

Смазав подшипники тавотом, установить все детали на место в обратном порядке. При сборке обращать особое внимание на правильное и тщательное присоединение проводов и на установку контактных щёток по центру колец.

Смазка постов управления и других элементов установки. В постах управления типа ППРМП следует слегка смазывать тавотом (раз в шесть месяцев) механизмы привода щёток, шестерни, шарикоподшипники и винтовые валики.

Шарикоподшипники всех электромоторов смазываются вазелиновой смазкой. Один раз в шесть месяцев следует осматривать шарикоподшипники, снимая для этого соответствующие крышки. Если при осмотре окажется, что смазки недостаточно, то её добавляют и крышки закрывают.

Смазку переднего подшипника мотора автомата лампы можно не проверять, так как просачивающейся из коробки червячной передачи смазки достаточно для обеспечения его работы. Требующаяся для доступа к этому подшипнику разборка червячной передачи автомата может быть произведена только в случае ремонта автомата.

Подшипники преобразователя следует смазывать через 100 — 120 часов работы и один раз в шесть месяцев прочищать места смазки и полностью менять смазку.

ГЛАВА XIV

ПРОВЕРКА ИСПРАВНОСТИ И РЕГУЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ПРОЖЕКТОРНОЙ УСТАНОВКИ

53. Проверка и регулирование механизмов прожектора

Регулирование лампы. После окончания монтажа прожекторной установки на корабле, после длительных перерывов в работе, а также после ремонта в целом или какой-либо части необходимо до пуска в эксплоатацию убедиться в исправности установки. Остановимся здесь на проверке и регулировании наиболее ответственных механизмов корабельных прожекторов типов МПЭ-Э9,0-2 и МПЭ-Э6,0-2.

На прожекторе приходится проверять и регулировать дуговую лампу и, в частности, проверять правильность взаимного расположения электродов, проверять правильность работы третьего электрода мгновенного зажигания, регулировать и проверять правильность срабатывания термоконтакта и регулировать длину дуги.

Правильность взаимного расположения угольных электродов дуги при горении определяется взаиморасположением отрицательной и положительной головок. Нарушение правильного взаиморасположения влечёт за собой изменение режима горения дуги и снижение силы света прожектора.

Правильность положения углей проверяется при помощи калибров, имеющихся в ЗИП установки и представляющих собой два стальных стержня, которые вставляются в угледержатели вместо угольных электродов, как показано на рис. 169. Калибр положительного угля заострённым концом вводится в отверстие спиральной шестерни и проталкивается между роликами и контактными щётками до тех пор, пока утолщённый его конец не упрётся в спиральную шестерню. Калибр отрицательного угля вставляется в отрицательную головку, для чего, нажимая на рычаг, разводят отрицательные ролики. Калибр отрицательного угля продвигается в отрицательной головке до тех пор, пока его заострённая часть не придёт в соприкосновение с концом выходящего из радиатора лампы калибра положительного угля.

При правильном взаимном расположении головок лампы остриё калибра отрицательного угля у ламп МПЭ-Э9,0-2 должно

касаться калибра положительного угля в пределах кружка плоскости усечённого конуса по вертикальной линии, ниже центра на 0,5 — 1 *мм* (см. рис. 169, *а*). У ламп МПЭ-Э6,0-2 остриё калибра отрицательного угля должно касаться острия калибра положительного угля, как показано на рис. 169, *б*.

Если взаимное расположение калибров не соответствует указанному, необходимо исправить положение отрицательной головки. Для этого, освободив болты, крепящие отрицательную головку к положительной, лёгкими ударами по основанию отрицательной головки изменяют её положение так, чтобы добиться нужного расположения калибров. Достигнув этого, надо вновь прочно закрепить отрицательную головку.



Рис. 169. Применение калибров для проверки правильности взаимного расположения электродов:
а — дуговой лампы МПЭ-Э9,0-2; *б* — дуговой лампы МПЭ-Э6,0-2

Правильная работа третьего электрода мгновенного зажигания зависит от длины тяги, соединяющей электромагнит с кронштейном третьего электрода. Длина тяги регулируется ввёртыванием или вывёртыванием стержня этой тяги во втулку. Когда длина тяги отрегулирована, необходимо законтрить гайку. Нормальная длина тяги определяется следующими условиями: при опущенном доотказа горизонтальном плече рычага электромагнита зазор между втулкой кронштейна третьего электрода и положительной головкой должен быть 3—4 *мм*. При поднятом доотказа рычаге зазор между поперечиной держателя третьего электрода и отрицательной головкой должен быть не менее 10 *мм*.

Кроме длины тяги, необходимо проверить натяжение пружины электромагнита. Для этого, освободив рычаг электромагнита, убедиться, что держатель третьего электрода доходит до своего крайнего положения. Если этого не происходит, необходимо

натянуть пружину, для чего, оттянув накатную гайку *4* (см. рис. 106), вращать её по часовой стрелке, каждый раз отпуская, и устанавливать гайку так, чтобы штифт попал в одно гнездо корпуса. Вращать гайку до тех пор, пока пружина не оттянет доотказа сердечник электромагнита.

Положение кратера положительного угля относительно отражателя определяется совмещением торца изображения этого угля с риской, нанесённой на матовом стекле проекционного приспособления. Если матовое стекло было повреждено и заменено новым, а также при смене отражателя требуется произвести фокусирование лампы в прожекторе и нанести новую риску на матовое стекло. Это выполняется так, как было показано в параграфе 36 (стр. 204).

Иногда положительный уголь не удерживается при горении дуги на риске вследствие неправильной регулировки термоконтакта. В первую очередь нужно проверить правильность установки линзы термоконтакта. Условия, которым должна удовлетворять установка линзы, были указаны ранее. Если требуется проверить установку линзы, следует освободить гайку и контргайки, крепящие обойму линзы к компенсирующей тяге, и, перемещая обойму линзы по прорези компенсирующей тяги, добиться получения на крышке термоконтакта отчётливого изображения конца положительного угля или лампочки карманного фонаря, установленной, как показано на рис. 170. Изображение должно быть расположено по горизонтальной оси окошка термоконтакта на расстоянии от края окошка 2—3 *мм* для угля и 7—9 *мм* для лампочки.



Рис. 170. Схема проверки правильного положения линзы термоконтакта

Напоминаем, что при этой проверке уголь должен быть установлен в лампе по шаблону. После того как выверена установка линзы, необходимо проверить регулировку зазора между контактами термоконтакта. Эта регулировка осуществляется винтом *6* (см. рис. 110). Чтобы проверить правильность регулировки зазора, необходимо вставить угли и включить дугу. Немедленно по включении дуги установить при помощи фокусирующего

винта лампу в фокусе, чтобы изображение конца положительного угля совпадало с риской матового стекла, и наблюдать за работой автомата. Если по мере сгорания углей изображение кратера отстаёт от риски более чем на 0,5 *мм* и автомат не начинает производить ускоренную подачу положительного угля, следует уменьшать зазор между контактами термоконтакта до тех пор, пока не включится ускоренная подача. Установив таким образом зазор между контактами, наблюдать за прекращением ускоренной подачи. Если ускоренная подача прекратится до того, как конец положительного угля совпадёт с риской матового стекла, следует ещё уменьшить зазор между контактами. При правильно установленных линзе и зазоре между контактами термоконтакт должен срабатывать каждый раз, когда изображение угля отойдёт от риски матового стекла более чем на 0,5 *мм*, и прекращать свою работу, когда конец изображения угля вновь достигнет риски.

В дуговой лампе МПЭ-Э6,0-2 правильное положение кратера положительного угля поддерживается путём включения и выключения ускоренной подачи вследствие соприкосновения пламени дуги с третьим электродом. Следовательно, в данном случае необходимо, чтобы правильно был установлен третий электрод, закрепляемый на радиаторе. При правильной установке конец третьего электрода должен выступать из ушка радиатора (рис. 169, *б*) в сторону отрицательной головки на 40 *мм*, а рабочий торец третьего электрода должен быть опилен под угольник и не иметь следов оплавления. При несоблюдении этих условий нужно вынуть третий электрод, освободив зажимной болт, опилить рабочий торец электрода и вновь вставить, закрепив его в положении, при котором длина выступающей из ушка в сторону отрицательной головки части будет равна 40 *мм*.

Для получения наилучшего светового эффекта лампы, кроме соблюдения перечисленных требований, необходимо поддерживать установленный электрический режим лампы. Если через 2—3 минуты после включения лампы, работающей от автомата, электрический режим не соответствует установленному, необходимо произвести регулировку автомата. Если напряжение на лампе ниже требуемого, а сила тока выше, это означает, что дуга коротка. Если же напряжение выше, а сила тока ниже, это значит, что дуга длинна. В обоих случаях необходимо отрегулировать длину дуги при помощи имеющейся на автомате с правой стороны накатной гайки регулировки длины дуги (см. рис. 168). Для удлинения дуги (повышение напряжения) вращать гайку по часовой стрелке, для укорочения дуги (уменьшение напряжения) — против часовой стрелки. Гайку нужно вращать медленно и после каждого оборота наблюдать за показаниями вольтметра. При изменении длины дуги режим дуги устанавливается в течение 2—3 секунд. При помощи гайки добиться необходимого напряжения на дуге. После достижения нужного напряжения проверить показания амперметра. Если сила тока дуги превышает

пределы, необходимо изменить величину подаваемого на прожектор напряжения.

Если при правильном напряжении на дуге сила тока дуги мала, необходимо увеличить подаваемое на прожектор напряжение; если сила тока велика, напряжение следует уменьшить.

Изменение напряжения, подаваемого на прожектор, может быть произведено двумя способами:

— изменением возбуждения на генераторе, питающем прожектор, если таковой предназначен специально для питания дуги;

— изменением сопротивления балластного реостата, что осуществляется переключением конца провода на другую клемму.

У прожектора МПЭ-Э9,0-2 сопротивление реостата, в зависимости от включения на различные клеммы, изменяется в такой последовательности: 0,165, 0,176, 0,187, 0,198, 0,209 и 0,220 *ом*.

У прожектора МПЭ-Э6,0-2, в зависимости от присоединения провода к той или иной клемме, реостат даёт сопротивления в 0,701, 0,717, 0,733, 0,749 и 0,765 *ом*.

Если напряжение и сила тока на лампе одновременно выше или ниже установленных для них величин, то предварительно, до регулировки длины дуги, следует уменьшить или увеличить подаваемое на прожектор напряжение одним из указанных способов.

Изменение подаваемого напряжения следует производить до тех пор, пока:

— напряжение и сила тока не придут в норму;

— напряжение останется выше нормы, но сила тока станет ниже нормы, и наоборот;

— напряжение останется ниже нормы, но сила тока станет выше нормы.

Во втором и третьем случаях следует для получения нужного режима произвести регулировку длины дуги, как было указано выше.

Регулировку электрического режима дуги следует производить при выключенном механизме мгновенного зажигания, т. е. предварительно накинуть на рычаг электромагнита мгновенного зажигания крючок.

Если имеется возможность подключить лампу вне прожектора, например в электромастерской корабля или порта, к сети постоянного тока через реостат, дающий возможность регулирования подаваемого на лампу напряжения с точностью ±0,5 *в*, то все указанные выше регулировки удобнее производить вне прожектора.

Регулирование механизмов вращения. Для обеспечения исправной работы механизмов вращения прожектора и обеспечения защиты моторов прожектора от случайной перегрузки необходимо проверить правильность регулировки фрикционов этих механизмов.

Для проверки правильности работы фрикциона механизма вертикального вращения необходимо открыть коробку механизма

вертикального вращения и отсоединить один из проводов, подключённых к якорю мотора. Включить в цепь этого провода амперметр постоянного тока со шкалой до 3 *а* и закрепить кожух прожектора по-походному. Включить обмотку якоря и обмотку возбуждения мотора на 110 *в* (если прожектор соединён с постом управления, то, включив пост, повернуть маховичок вертикального вращения доотказа в ту или другую сторону). При этом мотор вертикального вращения должен начать вращаться. Сила тока в якоре, отмечаемая включённым в цепь якоря амперметром, в прожекторе МПЭ-Э9,0-2 должна быть не ниже 1 *а* и не выше 1,7 *а*, в прожекторе МПЭ-Э6,0-2—не ниже 0,8 *а* и не выше 1 *а*. Если сила тока в якоре ниже указанного нижнего предела, необходимо увеличить натяжение пружины фрикциона; если же сила тока выше указанного верхнего предела, натяжение пружины следует уменьшить. Для изменения натяжения пружины предварительно следует ослабить при помощи отвёртки стопорный винт и вращать гайку по часовой стрелке для увеличения натяжения и против часовой стрелки для уменьшения. Регулировку натяжения производить до тех пор, пока не будет получена на якоре мотора сила тока в пределах, указанных выше. По достижении этого положения закрепить гайку стопорным винтом. Отключить амперметр, подключив провод питания непосредственно к клемме якоря мотора. Закрыть крышку механизма вертикального вращения.

Если при натяжении пружины доотказа сила тока в якоре все же остаётся ниже установленного для нее нижнего предела, это значит, что во фрикцион попало масло. В этом случае надо разобрать фрикцион, промыть бензином трущиеся поверхности, вновь собрать и отрегулировать, как было указано выше.

У прожектора МПЭ-Э6,0-2 порядок проверки фрикционного механизма горизонтального вращения такой же, как и для фрикциона механизма вертикального вращения. Для доступа к механизму следует снять крышку люка тумбы прожектора со стороны, противоположной рубильнику.

У прожектора МПЭ-Э9,0-2 обр. 1938 г. необходимо регулировку фрикциона производить в такой последовательности. Снять обечайку тумбы прожектора и закрепить поворотный стол прожектора по-походному. Включить в цепь якоря мотора амперметр постоянного тока со шкалой до 3 *а*. Включить мотор механизма горизонтального вращения на напряжение 110 *в*. Мотор должен вращаться, и сила тока должна находиться в пределах 1—1,7 *а*. Если сила тока якоря выходит за эти пределы, необходимо произвести регулировку пружины фрикциона. Если сила тока якоря выше 1,7 *а*, необходимо отвёрткой медленно вывёртывать винт регулировки фрикциона до тех пор, пока ток не окажется в указанных пределах. Если сила тока ниже нижнего предела, винт следует завёртывать. После получения нужной силы тока в якоре мотора отключить амперметр и закрыть тумбу прожектора. При попадании в фрикцион масла механизм сле-

дует разобрать, промыть бензином трущиеся поверхности, затем вновь собрать и отрегулировать, как было указано выше.

Регулирование жалюзи. Пластины жалюзи прожектора должны быть отрегулированы так, чтобы в закрытом положении они плотно прилегали к кольцам жалюзи, а в открытом положении были параллельны оси луча. Регулировка жалюзи осуществляется путём изменения положения закреплённых в ведущем кольце пальцев. Эти пальцы вставлены в отверстия ведущего кольца с большим зазором, так что, освободив гайки, которыми они закреплены, можно их перемещать в различных направлениях в пределах этого зазора. Кроме того, вращением этих же гаек можно удлинять или укорачивать часть пальца между ведущим кольцом и лопастями. Для регулировки жалюзи необходимо снять защитное стекло.

Для проверки правильности установки монокуляра, оптическая ось которого должна быть параллельна оси луча прожектора, поступают так, как указано в параграфе 37 (стр. 214).

54. Проверка исправности и регулирование постов управления

После установки постов управления на корабле или ремонта их необходимо проверить согласованность направления вращения маховичков или рукоятки поста управления и прожектора.

Для постов управления типа ППРМП, кроме того, следует проверить правильность установки подвижных щёток на нейтрали. При правильном монтаже постов управления направление вращения рукоятки поста или маховичка поста типа ППРМП должно соответствовать направлению вращения прожектора, т. е. вращение вертикально расположенного маховичка поста плавной наводки (типа ППРМП) вверх должно приводить к подъёму после луча и т. д. Если после окончания монтажа установки или после переключений, сделанных с какой-либо целью в электрической схеме установки, эта согласованность нарушена, следует изменить направление вращения соответствующего мотора.

У прожекторов МПЭ-Э9,0-2 и МПЭ-Э6,0-2, изготовленных в 1937 г. и позже, изменить направление вращения каждого мотора можно путём перемены мест концов питания якоря или возбуждения на клеммовой панели моторов. У прожекторов МПЭ-Э9,0-2, изготовленных до 1937 г., моторы не имеют клеммовых панелей, и поэтому для изменения направления вращения мотора горизонтального вращения следует поменять местами идущие к возбуждению мотора провода на клеммах „+“ и „—“ распределительной панели тумбы. Для изменения направления вращения мотора вертикального вращения следует поменять местами идущие к возбуждению мотора провода на контактных щётках „+“ и „—“ в тумбе; при этом конец, идущий к соленоиду жалюзи, должен быть оставлен на месте.

Если при освобождении маховичков управления на постах типа ППРМП прожектор не останавливается, а продолжает медленно

вращаться в ту же сторону или начинает медленно двигаться в противоположную сторону, необходимо отрегулировать положение пружины, возвращающей гайку 5 (см. рис. 130). Для этого необходимо открыть пост и при помощи ключа освободить болт, крепящий рычаг установки нейтрали, находящейся в верхней части коробки поста. При включённом посте управления следует перемещать этот рычаг так, чтобы добиться остановки прожектора при освобождённом маховичке. До окончательного закрепления болта проверить правильность выбранного положения, заставляя прожектор вращаться от поста управления, и, убедившись, что при опускании маховичка получается полная остановка прожектора, окончательно закрепить болт и закрыть пост.

При закрывании поста до тех пор, пока тонкий направляющий штырь не придётся точно под своим гнездом в нижней части, поддерживать верхнюю часть так, чтобы она не могла опуститься от собственного веса. Опускание верхней части производить медленно, не допуская зажатия между верхней и нижней частями соединяющих их проводов. Перед окончательным закрытием поста убедиться, что вилки, находящиеся на концах проводов верхней части поста, плотно сидят в гнёздах соединительной панели. Особенно обратить внимание на надёжность контакта вилок проводов, идущих от обмоток возбуждения моторов поста

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРОЖЕКТОРНЫЕ ЛАМПЫ НАКАЛИВАНИЯ $\frac{\text{СТ 13}}{\text{ГЭП-2422}}$

Серия	Номинальные значения			Допустимые пределы отклонения			Минимальная габаритная яркость в *сб*	Диаметр колбы в *мм*	Полная длина лампы в *мм*	Высота светового центра в *мм*	Максимальные размеры светящего тела		Срок службы в часах	Цоколь	В каких прожекторах применяются
	напряжение в *в*	мощность в *вт*	световой поток в *лм*	световая отдача в *лм/вт*	мощность в *вт*	световая отдача в *лм/вт*					ширина *a* или диаметр в *мм*	высота в *мм*			
Спец.	12	50	1 000	20,0	—	—	550	—	—	—	—	—	30—50	Спец. „Профокс"	МСПТ-л 2,5
II	11	100	2 300	23,0	±10	±2,3	837	55	102 [1]	64,5	5	5,0	100	„Сван—Светофорный"	МСПА-л 3,5 МСПТ-л 3,5
I	110	500	10 500	21,0	±50	±2,1	540	65	135 [1]	75	13	14,5	100	„Эдисон нормальный"	МСПЛ-л 4,0
I	110	1 000	22 200	22,2	±100	±2,22	839	70	240 [1]	135	18	13,5	100	„Эдисон—Голиаф"	МСПР-л 4,5
I	40	1 500	34 500	23,0	±150	±2,3	941	75	305 [1]	135	21,5	15,5	100	То же	„
Не станд.	110	5 000	145 000	29,0	—	—	1 120	350	625	275	32	28,0	100	„	—

[1] Допуски для полной длины лампы и высоты светового центра.

Приложение 2

ДАННЫЕ ИНОСТРАННЫХ ДУГОВЫХ ЛАМП С ДУГОЙ ПОВЫШЕННОЙ ЯРКОСТИ

Кем изготовляются	Сила тока дуги в *а*	Напряжение на зажимах лампы в *в*	Диаметр электродов в *мм*		Длина электродов в *мм*		Время горения пары электродов в часах	Диаметр кратера анода в *мм*	Наибольшая яркость кратера анода в *сб*	Угол между осями электродов в градусах	Вес лампы в *кг*	Тип лампы
			+	−	+	−						
Американские	35	45	8	7	355	152	1,0	6,0	40,0	65	—	Лампы шунтовые, моторные с третьим электродом
	55	55	11	9,5	280	152	1,0	6,0	60,0	—	—	
	75	55	11	11	406	178	1,5	9,0	60,0	—	—	
	115	68	13,6	11	560	254	2,0	11,0	75,0	16	—	То же, но с термоконтактом
	150	78	16	11	500	305	2,0	13,0	80,0	11	—	
Голландские	60	58—60	12	10	350	200	1,5	11,0	60,0	27	—	Лампы сериесные и шунтовые. Шунтовые с термоконтактом, дугообразователем и с затемнителем. Все лампы моторные
	90	64—66	12	10	600	300	1,5	10,0	60,0	27	—	
	120	68—70	—	—	—	—	—	—	—	27	—	
	150	72—74	16	11	800	400	2,0	14,0	80,0	16	—	
	200	76—78	16	14	800	400	1,5	12,0	80,0	16	—	
	250	78—80	16	14	1 000	400	1,5	12,0	90,0	11	—	
Немецкие	90	66	11	9	600	240	2,0	9,5	70,0	16	—	Лампы шунтовые, диференциальные, моторные, с термоконтактом, дугообразователем и затемнителем
	130	72	14	11	800	330	2,0	12,5	76,5	16	45	
	150	77	16	13	1 000	400	2,5	14,0	83,0	16	70	
	200	83	19	15	700	400	1,5	17,0	90,0	16	75	
Французские	125	80	13	11	—	—	—	12,0	70,0	45	25	Лампы шунтовые, моторные, с термоконтактом, дугообразователем и затемнителем
	150	80	14	11	—	—	—	12,0	70,0	45	30	
	200	80	16	11	—	—	—	14,0	70,0	45	35	

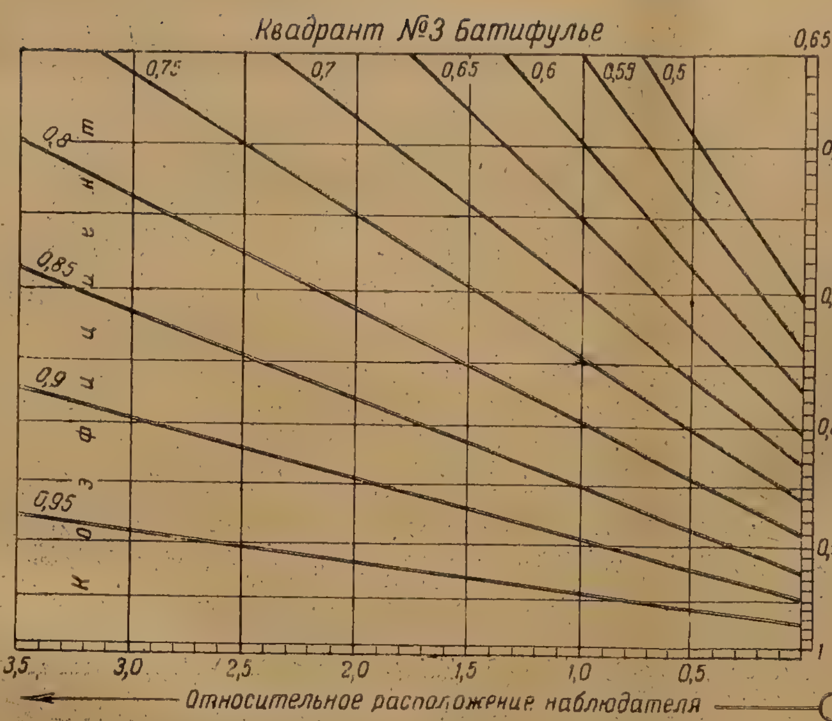
ПАРАМЕТРЫ СТЕКЛЯННЫХ ПАРАБОЛИЧЕСКИХ ОТРАЖАТЕЛЕЙ

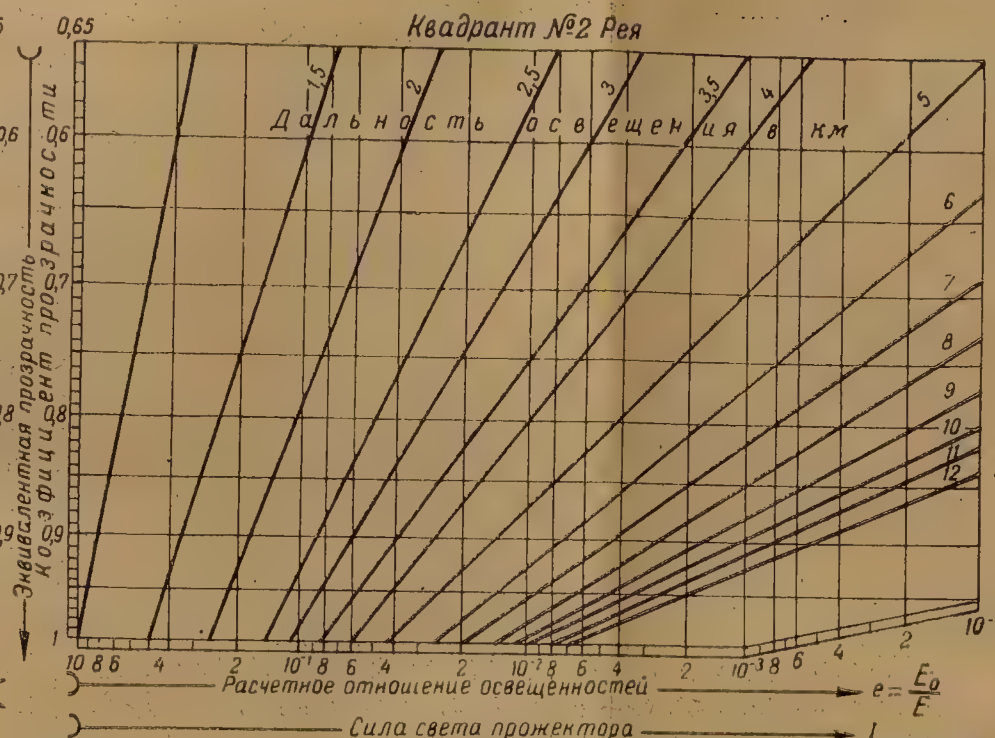
Диаметр отражателя					Места изготовления отражателей для прожекторов							Толщина стекла в центре в *мм*	Вес отражателя в *кг*
номинальный диаметр светового отверстия		фактический внешний диаметр		минимальный допускаемый фактический диаметр в *мм*	Берлин	Прага	Париж	Нью-Кестль	Рочестер	Флоренция	Стокгольм		
дюйм	*мм*	дюйм	*мм*		Фокусное расстояние и допускаемое отклонение от него в *мм*								
10	250	10	254	250	—	110	90±3	108±3	105±3	120±3	—	3,0	1,2
12	300	12	305	300	—	—	—	210±3	105±3	150±3	—	4,0	
14	350	$14^{1}/_{2}$	368	365,3	—	175±3	—	89±3	—	150±3	175±3	4,0	2,3
16	400	17	406	403,8	180±3	—	—	210±3	—	200±3	—	5,0	3,4
18	450	18	457	455,7	200±3	225±3	—	175±3	—	—	—	6,0	5,0
20	500	20	508	506,2	—	—	—	153±3	—	250±3	—	7,0	6,5
24	600	$24^{1}/_{2}$	622	618,5	250±2	250±3	—	254±3	260±3	280±3	250±3	8,0	8,0
30	750	$31^{1}/_{2}$	800	796	310±2	350±3	—	375±3	311±3	320±3	—	8,0	15,0
36	900	$37^{3}/_{8}$	949	941,3	380±3	420±3	155±4	369±3	375±3	420±4	420±3	11,5	23,0
40	1 000	$41^{1}/_{2}$	1 054	1 050	—	—	—	—	—	500±4	—	11,5	30,0
43	1 100	$43^{5}/_{16}$	1 100	1 100	520±3	480±3	520±4	480±3	—	500±4	480±3	11,5	37,5
48	1 200	$48^{1}/_{4}$	1 200	1 200	—	—	600±4	520±2	—	550±4	—	12,5	45,0
60	1 500	$61^{1}/_{2}$	1 560	1 560	650±3	625±3	740±5	654±4	650±4	650±1	650±3	14,0	72,5
70	1 750	70	1 778	1 770	—	—	—	—	—	650±4	—	17,0	—
78	2 000	$78^{3}/_{4}$	2 000	2 000	860±3	860±4	—	992±4	—	800±4	860±3	18,0	180,0

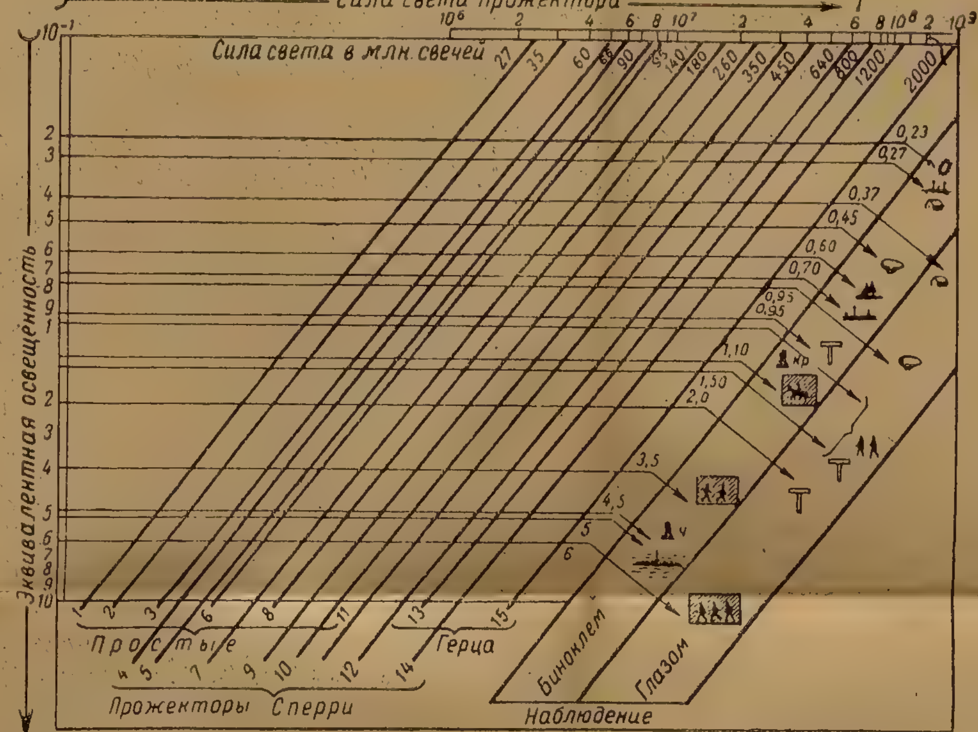
НЕКОТОРЫЕ КОРАБЕЛЬНЫЕ ПРОЖЕКТОРЫ С ЛАМПАМИ НАКАЛИВАНИЯ

Кем изготовляются	Тип прожектора	Отражатель			Лампа накаливания		Осевая сила света прожектора в свечах	Угол рассеяния в горизонтальной плоскости в градусах	Вес установки в кг	Габариты установки в мм			Примечание
		тип	диаметр в мм	фокусное расстояние в мм	напряжение в в	мощность в вт				высота	ширина	длина (по оптической оси)	
Промышленность СССР	МСПТ-л 2,5	Стеклянный серебрёный	250	108	12	50	350 000	2,6	13,5	930	385	485	Угол рассеяния максимальный
	МСПТ-л 2,5	Металлический родированный	250	110	12	50	250 000	—			—	—	
	МСПА-л 3,5	Металлический хромированный	350	50	12	100	420 000	3,5	17,0	1590	500	360	
	МСПЛ-л 4,0	Стеклянный серебрёный	400	200	110	500	600 000	3,3	20,0	—	—		
	МСПР-л 4,5	То же	450	200	110	1 000	1 050 000	4,5	28,0	1400	—	—	
Фирма „Сперри" США	„Спот-Моунт"	„	300	105	110	500	310 000	3,5	16,0	650	445	390	См. рис. 61
	„Пилот-Хауз"	„	450	200	110	1 000	1 100 000	1,5	38,5	950	585	430	См. рис. 63
	„Пьедестал Тип"	„	450	200	110	1 000	1 100 000	4,5	32,0	1500	620	430	

КОМБИНИРОВАННАЯ НОМОГРАММА ПРОЖЕКТОРИСТА В. В. НОВИКОВА





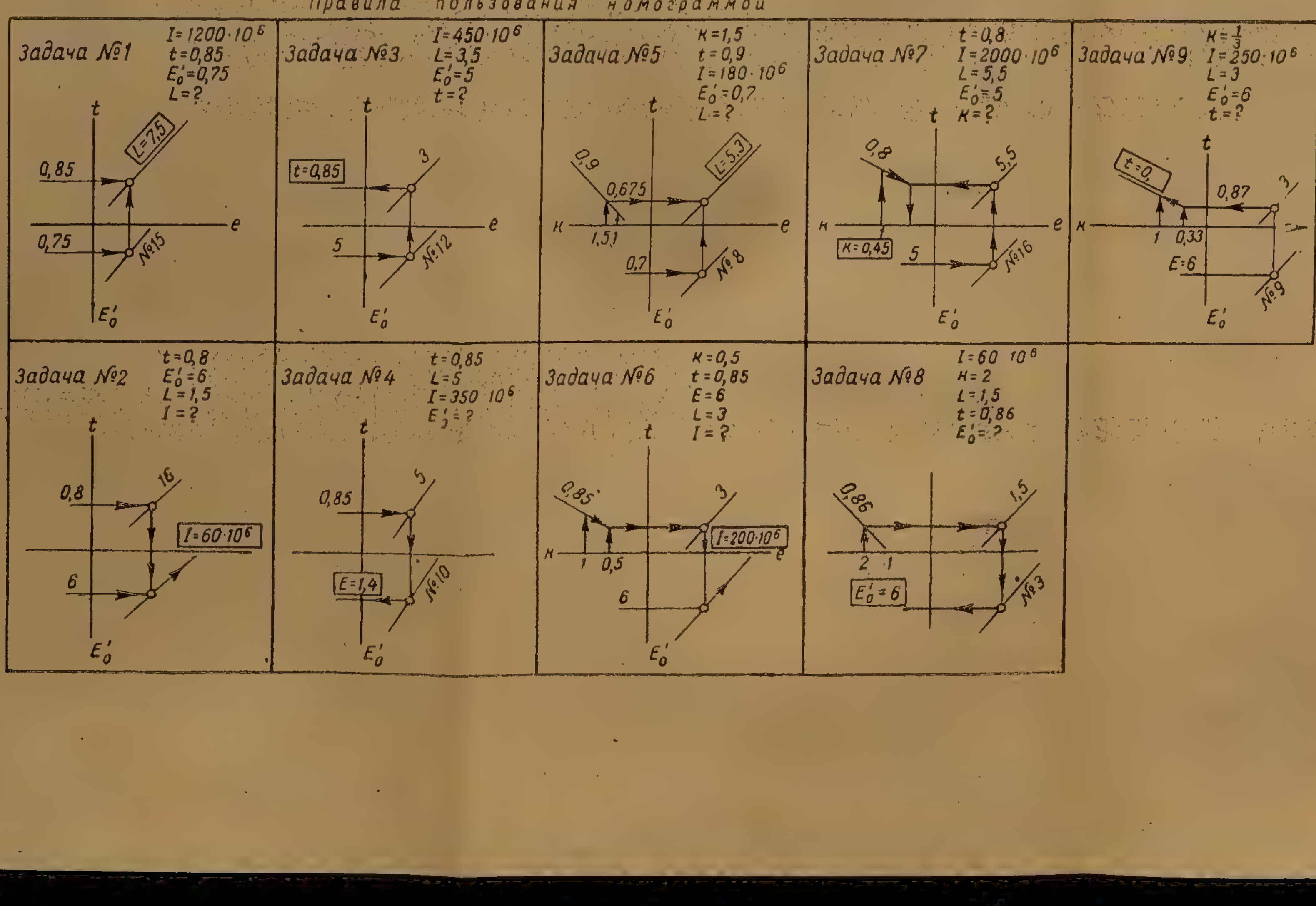


Тип	№	I Сила света	φ Диаметр	i Ток	v Вольтаж
Сперри	4	65·10⁶	60	55	55
	5	90·10⁶	60	75	55
	7	140·10⁶	75	75	55
	9	250·10⁶	75	115	68
	10	350·10⁶	90	115	68
	12	450·10⁶	90	150	78
	13	640·10⁶	110	150	78
	15	1200·10⁵	160	160	78
Простые	1	27·10⁶	60	60	40
	2	35·10⁶	75	75	52
	3	50·10⁶	90	125	58
	6	95·10⁶	110	150	75
	8	180·10⁶	150	150	75
	11	350·10⁶	200	200	80
Герца	14	200·10⁶	200	200	90
	16	2000·10⁶	200	300	100

№	Наименование объектов освещения (целей)	Биноклем E_0'	Биноклем Знак	Глазом E_0'	Глазом Знак
1	Укрепления	0,23			
2	Современный корабль	0,23			
3	Деревянн. дома, мосты, дороги	0,27			
4	Парусное судно	0,60			
5	Эскадренный миноносец	0,70			
6	Дирижабль	0,95			
7	Самолёт светлой окраски	0,95			
8	Красный буй	1	кр		
9	Отряд конницы на тёмном фоне	1,4			
10	Пехота на светлом фоне	1			
11	Пехота на темном фоне	3,5			
12	Черный буй	4,8	ч		
13	Подводная лодка	5			

Квадрант №4 таблиц

Правила пользования номограммой



ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ ДЛЯ ПРИВОДА МЕХАНИЗМОВ КОРАБЕЛЬНЫХ ПРОЖЕКТОРОВ

Электродвигатели постоянного тока (ОСТ НКТП 2444)

Тип электродвигателя	Мощность на валу в *вт*	Напряжение в *в*	Сила тока (не более) в *а*	Напряжение возбуждения в *в*	Число оборотов: номинал (в минуту)	Число оборотов: отклонение в %	К.п.д. не менее в %	Вес электродвигателя в *кг*	Направление вращения со стороны коллектора	Область применения (приводимый механизм)
МП 78/35 [1]	35	78	0,95	78	3 600	±10	47	3,75	По часовой стрелке	Автомат лампы
МП 55/50	50	55	2,12	—	3 000	±15	—	7,5	То же	Вентилятор и автомат лампы
МП 70/125	125	70	2,55	—	2 800	±15	70	10,0	„	Вентилятор и автомат лампы
МП 78/125	125	78	2,38	—	2 200	±15	67	10,0	Против часовой стрелки	Вентилятор
МП 110/125	125	110	1,8	110	1 425	±10	63	10,0	Реверсивный	Вращение авиамаяков
МП 110/245	245	110	3,27	110	3 600	±10	68	10,0	„	Механизмы горизонтальной и вертикальной наводки прожектора

Сельсины (обратный контроль)

Основные характеристики	Тип электродвигателя: Г-404	Г-471	СС-431	СС „Галилео"
Напряжение сети переменного тока в *в*	110	120	120	50
Нормальный ток возбуждения при синхронном ходе в *а*	0,4	1,1	0,75	0,75
Потребляемая мощность при синхронном ходе в *вт*	13	12	15	8
Предельное число оборотов при синхронном ходе в минуту	2 500	1 000	1 000	—
Максимальное число принимающих, включаемых на один дающий	4	3	3	—
Момент, прилагаемый к валу дающего при одном принимающем, в *гсм*	6	10—15	10—15	—
Максимальный ток в обмотке возбуждения при заторможенном роторе принимающего в *а*	—	2,5	2	—
Вес электродвигателя в *кг*	0,8	4	3,18	—
Максимальная вторичная линейная э.д.с. в *в*	32	95	95	—

[1] МП — мотор прожекторный

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ НЕКОТОРЫХ ДУГОВЫХ ПРОЖЕКТОРОВ

Место изготовления	Тип прожектора	Стеклянный отражатель: диаметр (ном.) в *мм*	Стеклянный отражатель: фокусное расстояние (ном.) в *мм*	Режим дуги: сила тока в *а*	Режим дуги: напряжение на дуге в *в*	Осевая сила прожектора в миллионах свечей	Угол рассеяния луча в градусах	Вес прожекторной установки в *кг*	Кубатура установки в *м*³	Расположение дуговой лампы	Примечания
СССР	МПЭ-Э6,0-2	600	242	75	55	75/100	2,0	400	2,1	Не инверт.	См. рис. 78 и 91
	МПЭ-Э9,0-2	900	361	150	78	180/220	2,2	625	4,2	„ „	См. рис. 80
	3-15-4	1 500	650	150	78	650/850	1,25	950	11,2	„ „	Кубатура с учётом размеров тележки
Германия	— 60	600	245	90	66	117	2,25	400	—	Инверт.	См. рис. 87
	— 90	900	374	130	72	288	2,0	900	—	„	См. рис. 99
	— 110	1 100	470	150	76	460	1,75	1 400	—	„	
	— 150	1 500	625	200	83	960	1,5	1 800	8,0	„	
	— 200	2 000	819	200	83	1 650	1,25	—	—	„	
Италия и Франция	МП-45	450	200	75	55	40,5	2,0	100	0,6	Не инверт.	См. рис. 95
	OG-90	900	421	150	70	200	2,25	654	3,8	Сбоку	См. рис. 85
	BBT-90	900	450	125	70	200	—	1 100	8,0	Не инверт.	Кубатура и вес даны вместе с тележкой в качестве основания
	BBT-120	1 200	600	150	80	400	—	1 400	14,0	„ „	
	BBT-150	1 500	750	200	80	600	—	1 800	21,0	„ „	
	BBT-200	2 000	860	200	800	1 000	—	2 300	33,0	„ „	

СПИСОК
ОСНОВНЫХ ИЗДАНИЙ ПО ПРОЖЕКТОРНОЙ ТЕХНИКЕ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 25 ЛЕТ

1. „Руководство по прожекторному делу и электротехнике“. Госвоениздат, 1930 г.
2. Б. Г. Войденов и Н. И. Игнатов, Прожекторное дело. Пособие для рядового состава прожекторных частей РККА. Госвоениздат, 1931 г.
3. Сборник статей по прожектоустроению. Научно-техническое управление ВСНХ СССР (сборник статей научных сотрудников Гос. оптического института). ГОНТИ, 1931 г.
4. „Расчёт прожекторного освещения“. Сборник статей по расчёту освещения прожекторами заливающего света. ОНТИ, 1932 г.
5. Н. П. Басилов, Противосамолётные прожекторы и звукоулавливатели «Сперри». Перевод статей из журнала и каталога «Сперри». Госвоениздат, 1932 г.
6. Р. Н. Фролов, Электрические прожекторы и их испытания (курс, читанный автором в Военно-морской академии, теоретическая и конструктивная часть. Обширная библиография). ОНТИ, Энергоиздат, 1933 г.
7. Г. К. Устюгов и И. Д. Райский, Светотехника на воздушном транспорте (учебное пособие для вузов ГВФ. Библиография). ОНТИ, 1935 г.
8. Ф. Бенфорд, Теория прожектора (перевод отдельных статей из журнала „General El. Rev.“), ОНТИ, 1935 г.
9. „Прожектоустроение“, № 1 (журнал Прожекторного завода). ОНТИ Энергоиздат, 1935 г.
10. И. Б. Левитин, Параболические прожекторы (обработка журнальных статей Ф. Бенфорда и И. Рокара). ОНТИ, Энергоиздат, 1936 г.
11. А. С. Красильников, Производство электроугольных изделий (руководство по техминимуму электроугольного производства). ОНТИ, Энергоиздат, 1936 г.
12. Труды научно-исследовательского института спецслужб ГВФ. Вып. 1 «Расчёт посадочных прожекторов». Вып. 2 «Световое оборудование воздушной трассы». РИО Аэрофлота, 1936 г.
13. „Прожектоустроение“, № 2 (журнал Прожекторного завода). ОНТИ, Энергоиздат, 1937 г.
14. Труды научно-исследовательского института связи и светотехники ГВФ. Вып. 5 „Расчёт и испытание световых приборов с линзовой оптикой“. РИО Аэрофлота, 1937 г.
15. В. В. Новиков, Расчёт диоптрических линз. Литогр. изд. ВЭТА, 1938 г.
16. И. Д. Артамонов, Теория параболических прожекторов в задачах и примерах. Литогр. изд. ВЭТА, 1938 г.
17. Труды научно-исследовательского института связи и светотехники ГВФ. Вып. 7 «Освещение лётного поля. Расчёт рассеивателей для прожекторов». РИО Аэрофлота, 1938 г.

18. И. Д. Артамонов, Руководство к лабораторным занятиям по прожекторной технике. Литогр. изд. ВЭТА, 1939 г.

19. Труды научно-исследовательского института связи и светотехники ГВФ. Вып. 10 «О расчёте профиля френелевских линз». РИО Аэрофлота, 1939 г.

20. И. Д. Артамонов, Конструкции военных прожекторных станций (Конструктивные элементы прожекторных станций и установок различных типов, Учебное пособие для ВЭТА. Библиография). Изд. ВЭТА, 1940 г.

21. «Правила электрооборудования кораблей ВМФ» (ПЭК-40). Военмориздат, 1940 г.

22. И. Д. Артамонов, Зенитные прожекторы и звукопеленгаторы (учебное пособие для командного состава зенитно-прожекторных частей). Военизадт, 1944 г.

23. Официальные описания и инструкции по эксплоатации прожекторных станций и установок РККА и РККФ, изданные Воениздатом и Военмориздатом.

24. Отдельные статьи в журналах ОГИЗ „Светотехника", „Кинофотопромышленность", „Вестник ПВО", „Гражданская авиация", „Морской сборник" и „Вестник электропромышленности".

25. Н. А. Карякин, Прожекторы (теория и расчёт). Энергоиздат, 1944 г.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

П

Р

С

Т

У

Ф

Х

Ц

Ч

Ш

Э

Я

ОГЛАВЛЕНИЕ

Часть вторая

МАТЕРИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ КОРАБЕЛЬНЫХ ПРОЖЕКТОРНЫХ УСТАНОВОК

Часть третья

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛОАТАЦИЯ КОРАБЕЛЬНЫХ ПРОЖЕКТОРОВ

Стр.

Приложения

Редактор *С. В. Тамакулова*

Технический редактор *Г. Н. Шевченко* Корректор *А. А. Курашов*

Г 85451 Подписано к печати 23.7.47 г. Объем 20 п. л. + 2 вкл. 7/8 п. л.

20,15 уч.-изд. л. В 1 п. л. 48 000 тип. зн. Изд. № 4/92 Зак. 64.

9-я типография Управления Военного Издательства МВС Союза ССР

Цена 10 руб.